

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación de las condiciones de ventilación para la
actualización del sistema integral de ventilación
Unidad Minera Yauricocha**

Ronald Cesar Tejeda Romero
Fredy Mucha Gomez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios por guiarnos por el camino del bien y la felicidad hasta ahora.

A la universidad Continental por aceptar ser parte de ella y abierto las puertas para poder forjar nuestra carrera.

Al ingeniero Julio Porras y Ángel Cahuaya Choque por apoyarnos en esta etapa de nuestra vida, gracias por su guía, apoyo e ideas que motivaron la investigación.

A los ingenieros de operaciones mina de Sociedad Minera Corona S.A., por compartir sus conocimientos, experiencias y los aportes en la elaboración del proyecto.

DEDICATORIA

La concepción de este trabajo está dedicada a mis padres: Nilo, Carmen y María, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora; su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar. También dedico este proyecto a mi esposa Liz, compañera inseparable de cada jornada. Ella representa gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. A mi hija Ainhoa, que con cada sonrisa inocente y balbuceo motiva a seguir luchando por las metas trazadas. A ellos este trabajo, que, sin ellos, no hubiese podido ser.

Bach: Ronald Cesar Tejeda Romero

A mis padres: Margarita y Ever por su apoyo incondicional. A mi esposa Shirley y mi hijo Aldair por ser mi motivación de superación. A todos ustedes, es una gran satisfacción de dedicarles este trabajo con tanto amor y alegría que es el reflejo de mi esfuerzo de muchas horas de investigación, este trabajo es la evidencia de la muestra de mi amor y cariño hacia ustedes.

Bach: Fredy Mucha Gomez

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Problema general	15
1.1.2 Problemas específicos.....	15
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificación	16
1.3.1 Justificación práctica.....	16
1.3.2 Justificación metodológica	16
1.4 Hipótesis.....	16
1.4.1 Hipótesis general.....	16
1.4.2 Hipótesis específicas	17
1.4.3 Variables	17
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes del problema	18
2.2 Bases teóricas	24
2.1.1 Ventilación de minas	24
2.1.2 Objetivos de la ventilación en minas subterráneas	24
2.1.3 Composición del aire seco.....	24
2.1.4 Gases en la minería	24
2.1.5 Tipos de ventilación.....	29
2.1.6 Métodos de ventilación de minas subterráneas	30
2.1.7 Programa de gestión en la ventilación de la mina.....	33
2.1.8 Consideraciones técnicas para la ventilación de minas subterráneas...	34

2.1.9. Determinación del caudal de aire.....	36
2.1.10. Medición del caudal.....	37
2.1.11. Clasificación de gases.....	37
2.3 Definición de términos básicos.....	38
CAPITULO III.....	40
METODOLOGIA.....	40
3.1 Métodos y alcances de la investigación.....	40
3.1.1 Método general.....	40
3.1.2 Tipo de investigación.....	40
3.1.3 Nivel de investigación.....	40
3.2 Diseño de investigación.....	41
3.3 Población y muestra.....	41
3.3.1 Población.....	41
3.3.2 Muestra.....	41
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	41
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	41
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	42
4.4.1 Parámetros actuales de operación.....	42
4.4.2 Levantamiento de ventilación.....	46
4.4.3 Consumo de energía.....	88
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición del aire seco	24
Tabla 2. Efectos Fisiológicos (CO).....	25
Tabla 3. Efectos fisiológicos (H ₂ S)	26
Tabla 4. Efectos fisiológicos (NO ₂).....	26
Tabla 5. Efectos fisiológicos (SO ₂).....	27
Tabla 6. Efectos fisiológicos (CO ₂).....	28
Tabla 7. Ingreso de aire actual – medición de campo	46
Tabla 8. Salida de aire actual – medición de campo	47
Tabla 9. Requerimiento de aire por trabajadores	63
Tabla 11. Requerimiento de caudal de aire actual por equipos petroleros.....	64
Tabla 12. Requerimiento de caudal de aire actual por equipos petroleros.....	66
Tabla 13. Requerimiento de aire por temperatura	68
Tabla 14. Requerimiento por consumo de madera.....	69
Tabla 15. Requerimiento de aire actual por fugas	69
Tabla 16. Balance y cobertura actual	71
Tabla 17. Requerimiento de aire por personal en Zona II.....	72
Tabla 18. Requerimiento de caudal de aire por equipos petroleros en Zona II	73
Tabla 19. Requerimiento de aire por temperatura en Zona II	75
Tabla 20. Requerimiento por consumo de madera en Zona II.....	76
Tabla 21. Requerimiento de aire actual por fugas en Zona II	76
Tabla 22. Requerimiento global de air actual en zona	76
Tabla 23. Balance y Cobertura actual en Zona II	77
Tabla 24. Requerimiento de aire por personal en Zona III.....	78
Tabla 25. Requerimiento de caudal de aire por equipos petroleros en Zona III	79
Tabla 26. Requerimiento por consumo de madera en Zona III.....	80
Tabla 27. Requerimiento de aire actual por fugas en Zona III	81
Tabla 28. Requerimiento global de aire actual en Zona III	81

Tabla 29. Balance y Cobertura actual en Zona III	82
Tabla 30. Requerimiento de aire por personal en Zona V	83
Tabla 31. Requerimiento de caudal de aire por equipos petroleros en Zona V	84
Tabla 32. Requerimiento de aire por temperatura en Zona V	85
Tabla 33. Requerimiento por consumo de madera en Zona V	86
Tabla 34. Requerimiento de aire actual por fugas en Zona V	86
Tabla 35. Requerimiento global de aire actual en Zona V	87
Tabla 36. Balance y Cobertura actual en Zona V	88
Tabla 37. Consumo de energía eléctrica de ventiladores principales en zona Central	89
Tabla 38. Consumo de energía eléctrica de ventiladores secundarios en zona Central	89
Tabla 39. Consumo de energía eléctrica de ventiladores auxiliares en zona Central	90
Tabla 40. Consumo de energía eléctrica de ventiladores principales en zona Cachi Cachi	92
Tabla 41. Consumo de energía eléctrica de ventiladores secundarios en zona Cachi Cachi	92
Tabla 42. Consumo de energía eléctrica de ventiladores auxiliares en Zona Cachi Cachi	93
Tabla 43. Comparación de Costo por consumo de energía por zonas	94
Tabla 44. Comparación de Costo por consumo de energía de S.M. Corona con otras minas	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Circuito de ventilación – zona Cachi Cachi.....	44
Figura 2. Circuito de ventilación – zona Central	45
Figura 3. Análisis de velocidad de Rp. Tatiana.....	48
Figura 4. Análisis de velocidades Rp. Karlita	48
Figura 5. Análisis de velocidades de la Rp. Escondida	49
Figura 6. Análisis de velocidades en los Nv- 720, 770 y 870.....	49
Figura 7. Análisis de velocidades de la Rp. CSM	50
Figura 8. Análisis de velocidades Rp. Catas	50
Figura 9. Análisis de velocidades Rp. Mascota	51
Figura 10. Análisis de velocidades de la Rp Esperanza	51
Figura 11. Análisis de velocidades de los NV 720,770, 820, 870, 920 y 970	52
Figura 12. Análisis de velocidades de los NV.....	52
Figura 13. Análisis de temperatura Rp Tatiana	53
Figura 14. Análisis de temperatura Rp. Karlita	53
Figura 15. Análisis de temperatura Rp. Escondida.....	54
Figura 16. Análisis de temperatura NV 720, 770 y 870	54
Figura 17. Análisis de temperaturas de la Rp. CSM.....	55
Figura 18. Análisis de temperaturas Rp Catas Antacaca	55
Figura 19. Análisis de temperatura de la Rp. Mascota	56
Figura 20. Análisis de temperaturas de la Rp. Esperanza.....	56
Figura 21. Análisis de temperaturas de los NV- 720,770,820,870, 920 y 970	57
Figura 22 Análisis de temperaturas de los NV- 1020 y 1070	57
Figura 23. Análisis de gases Rp. Tatiana	58
Figura 24. Análisis de gases en Rp. Karlita.....	58
Figura 25. Análisis de gases en Rp. Escondida	59
Figura 26 Análisis de gases de los Nv-720 y 870.....	59
Figura 27 Análisis de gases Rp CSM.....	60
Figura 28 Análisis de gases en la Rp. Catas Antacaca	60
Figura 29. Análisis de gases de la Rp. Mascota.....	61

Figura 30 Análisis de gases de la Rp. Esperanza	61
Figura 31. Análisis de gases de los NV- 720, 770, 820, 870, 920 y 970	62
Figura 32. Análisis de gases NV- 1070 y 1170.....	62
Figura 31. Distribución del requerimiento de aire actual.....	70
Figura 32. Distribución del Balance de aire actual.....	71
Figura 33. Distribución del requerimiento de aire actual en Zona II.....	77
Figura 35. Distribución del requerimiento de aire actual en Zona III.....	82
Figura 36. Distribución del Balance de aire actual en Zona III.....	83
Figura 37. Distribución del requerimiento de aire actual en Zona V.....	87
Figura 38. Distribución del Balance de aire actual en Zona.....	88
Figura 39. Índice de costo de energía	95

RESUMEN

La presente investigación planteó como objetivo general: evaluar los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021. La hipótesis general fue: los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación de los flujos de ingresos y salidas de aire influyen para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021.

El método de investigación general fue el científico, tipo aplicada, de nivel correlacional y de diseño experimental; la población y muestra estuvo conformada por La población está conformada por la por la, mina Cachi Cachi, unidad minera Yauricocha.

Producto de la investigación se concluyó que el circuito de ventilación de la mina Yauricocha opera con un circuito integral forzado a través de rampas de acceso, chimeneas de ventilación y extracción del aire viciado por chimeneas de tipo escalonado en un sistema convencional/mecanizado, que permite una alta resistencia al sistema.

Palabras claves: condiciones de ventilación, sistema integral de ventilación.

ABSTRACT

The present investigation had the general objective of: Evaluating the results of the evaluation of the ventilation conditions for the update of the comprehensive ventilation system Yauricocha 2021 mining unit, whose general hypothesis was: The results of the evaluation of the ventilation conditions of the inflows and outlets of air influence the update of the Yauricocha 2021 mining unit integral ventilation system.

The general research method was scientific, applied type, correlational level and experimental design; The population and sample were made up of the population is made up of the Cachi Cachi mine, Yauricocha mining unit.

As a result of the investigation, it was concluded that: The ventilation circuit of the Yauricocha mine operates with an integral forced circuit through access ramps, ventilation chimneys and extraction of stale air by staggered chimneys in a conventional / mechanized system, that allows a high resistance to the system.

Keywords: ventilation conditions, comprehensive ventilation system.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación parte de la necesidad de actualizar el sistema de ventilación de Sociedad Minera Corona S.A. realizando las mediciones de velocidad de aire, presión, temperatura, gases, y parámetros ambientales. Además, se realizará el análisis de velocidades de aire tomando en cuenta los límites mínimos y máximos permitidos (≥ 20 m/min y ≤ 250 m/min), así como la concentración de gases en los laboreos (LMP de CO₂, 0.5 % y de CO, 25ppm) según la normativa vigente.

Seguidamente se pondrá énfasis a la interpretación de las condiciones medio ambientales: fluctuaciones de temperatura, presencia de agua en el aire (humedad relativa). De igual modo se presentará el diagnóstico del sistema de ventilación como el balance y cobertura de aire de la mina, asimismo se contempla el cálculo del requerimiento de aire por personal, equipos petroleros, labores por temperatura, consumo de explosivos y fugas. Siendo la mayor demanda el número de equipos. Así también se realiza el análisis de gases en todo el circuito que se ha monitoreado en mina, identificando las zonas de altas concentraciones, para ello se realizaron reuniones con el área de ventilación y planeamiento, a fin de discutir el plan de minado de todo el circuito de la mina.

La tesis se desarrolló en cuatro capítulos los cuales contienen la siguiente información:

En el capítulo I se detalla el planteamiento y formulación del problema dando a conocer el problema general y específico, del mismo modo se cita el objetivo general y específico seguidamente de la justificación práctica y metodológica; para culminar este capítulo se exponen la hipótesis general, específica y las variables de esta investigación.

El capítulo II trata de los antecedentes nacionales e internacionales, así como de las bases teóricas y la definición de términos básicos de la investigación.

El capítulo III está destinado para la metodología de la investigación, donde

se resalta el método general, tipo, nivel, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV titulado resultados y discusión se exponen los datos que se obtuvieron de la investigación.

Finalmente, se dan a conocer las conclusiones recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La presente investigación parte de la necesidad de actualizar el sistema de ventilación de la Sociedad Minera Corona S.A., realizando las mediciones de velocidad de aire, presión, temperatura, gases, y parámetros ambientales. Además, se realizará el análisis de velocidades de aire tomando en cuenta los límites mínimos y máximos permitidos (≥ 20 m/min y ≤ 250 m/min), así como la concentración de gases en los laboreos (LMP de CO₂, 0.5 % y de CO, 25ppm) según la normativa vigente. Seguidamente se pondrá énfasis a la interpretación de las condiciones medio ambientales: fluctuaciones de temperatura, presencia de agua en el aire (humedad relativa).

De igual modo, se presentará el diagnóstico del sistema de ventilación como el balance y cobertura de aire de la mina, asimismo se contempla el cálculo del requerimiento de aire por personal, equipos petroleros, labores por temperatura, consumo de explosivos y fugas. Siendo la mayor demanda el número de equipos. Así también, se realiza el análisis de gases en todo el circuito que se ha monitoreado en mina, identificando las zonas de altas concentraciones, para ello se realizaron reuniones con el área de ventilación y planeamiento, a fin de discutir el plan de minado de todo el circuito de la mina.

1.1.1 Problema general

¿Cuáles son los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué medida el levantamiento de ventilación a detalle influye para la actualización del sistema integral de ventilación?

- b) ¿En qué medida los proyectos de ventilación en base a las reservas y los recursos del yacimiento a detalle influye para la actualización del sistema integral de ventilación?

- c) ¿Cuál es el resultado de las mediciones de caudal y presión en los ventiladores principales y secundarios para la actualización del sistema integral de ventilación?

- d) ¿Cuál es el resultado del monitoreo de concentración de gases en todo el circuito de ventilación que influye para la actualización del sistema integral de ventilación?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Establecer el levantamiento de ventilación a detalle que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.

- b) Analizar los proyectos de ventilación en base a las reservas y los recursos del yacimiento a detalle que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.
- c) Calcular las mediciones de caudal y presión en los ventiladores principales y secundarios que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.
- d) Analizar el monitoreo de concentración de gases en todo el circuito de ventilación que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

La presente investigación se propone realizar el estudio de la ventilación de minas considerando el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador, de los equipos y para evacuar los gases, humos y polvo suspendido que pudieran afectar la salud del trabajador, así como para mantener condiciones termo-ambientales confortables y de esta manera solucionar el problema del sistema de ventilación.

1.3.2 Justificación metodológica

Con la finalidad de desarrollar la presente tesis, el tesista creará metodologías propias para la toma de datos *insitu* (campo); cabe resaltar que estas metodologías servirán de para procesar la información de manera cuidadosa y metódica; del mismo modo estas inventivas podrán servir de base para otras investigaciones.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación de los flujos de ingresos y salidas de aire influyen para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021.

1.4.2 Hipótesis específicas

- a) El levantamiento de ventilación a detalle en el que se plasme las condiciones del sistema de ventilación tales como velocidades de aire, temperatura, presión, humedad y sección de las labores influye para la actualización del sistema integral de ventilación.
- b) De los proyectos de ventilación en base a las reservas y los recursos del yacimiento a detalle en el que se visualización en un entorno en 3D con proyección de los diámetros y longitudes permitan minimizar el uso de ventiladores los que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.
- c) Las mediciones de caudal y presión en los ventiladores principales y secundarios determinación de la eficiencia operativa, los mismos que influyen para la actualización del sistema integral de ventilación.
- d) El monitoreo de concentración de gases en todo el circuito de ventilación permite determinar las zonas críticas que influye para la actualización del sistema integral de ventilación

1.4.3 Variables

a) Variable Independiente (X):

Condiciones de ventilación

• Indicadores:

- Levantamiento de ventilación
- Proyectos de ventilación
- Caudal y presión
- Concentración de gases

b) Variable dependiente (Y)

Sistema integral de ventilación

• Indicadores:

- Aire limpio en calidad y cantidad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

a) Memoria titulada: “*Recirculación controlada en minería subterránea*” (1)

Su objetivo general fue: (1)

- ✓ Construir un modelo de ventilación de aire en minería subterránea que permita evaluar técnica y económicamente un sistema de recirculación controlado.

Sus objetivos específicos fueron: (1)

- ✓ Realizar una revisión crítica del estado del arte en materia de recirculación controlada de aire.
- ✓ Elaborar y/o modificar un modelo de concentraciones de componentes del aire en un circuito recirculado, con el fin de conocer las variables más relevantes y cuantificar su impacto.
- ✓ Realizar un estudio de distintos elementos de filtrado, con el fin de comprender mecanismos físicos de funcionamiento, parámetros relevantes y aplicabilidad a la situación a estudiar y a la realidad minera.
- ✓ Para un caso de estudio, comparar consumo energético, costo, inversiones y flujo de caja entre la ventilación tradicional versus la recirculación controlada de aire aplicada a dicho caso, utilizando distintas combinaciones de elementos filtrantes, para distintos escenarios de costo energético específico de llevar un

volumen de aire desde el exterior de la mina, hasta el punto de mezcla entre aire fresco y aire recirculado.

Sus conclusiones fueron: (1)

- ✓ De acuerdo con los objetivos principales planteados, se concluye que a partir del modelo de flujos y concentraciones se logró comprender los parámetros más relevantes en la recirculación controlada, separándolos en los factores propios de la mina, tales como las emisiones de los distintos contaminantes, el consumo de oxígeno, la granulometría del polvo en la mina, las concentraciones de polvo y de los gases más relevantes en el ambiente al exterior de la mina y algunos costos unitarios como el costo energético y los valores de mercado de adquisición y mantención de los ventiladores. Y en variables sobre las cuales puede decidir el planificador: caudal de entrada, fracción recirculada y eficiencia de filtrado para el sistema de control de polvo.
- ✓ Además, se logró articular una metodología simple, para estimar estas variables de decisión. Metodología que no fue encontrada en la bibliografía revisada.
- ✓ Este procedimiento señala que la oportunidad de la recirculación controlada, consiste en reducir el caudal de alimentación en la entrada, debido a que la potencia necesaria para ingresar el aire a la mina, y el costo energético asociado depende del caudal al cubo. Al tenerse una reducción de un 20 % en el caudal de entrada, se tiene una reducción del 51,2 % para el costo energético de ingresar y extraer el aire, entre el exterior y el nivel de ventilación.
- ✓ Se logró identificar que una mejor eficiencia de filtrado que la eficiencia crítica, no mejora sustancialmente la calidad del aire en cuanto a polvo, sino más bien, hace que se pueda alcanzar el mismo ahorro de caudal que se tendría con un sistema con esa eficiencia de filtrado, pero a una fracción recirculada menor, logrando una leve mejora en la concentración de monóxido de carbono

y contribuyendo a bajar los costos de filtrado, en la medida que se trata menos caudal, siempre que el costo de operación y mantención de esta alternativa de alta eficiencia, no supere el ahorro generado. Utilizando esta serie de pasos, se cumplió el objetivo de comparar la ventilación tradicional versus distintas alternativas de recirculación controlada. A partir de una distancia de 4000 metros a la superficie, o lo que es equivalente a un consumo de 16,53 kWh-año/CFM, se encontró una alternativa de recirculación controlada que es más conveniente económicamente que la ventilación tradicional. Dicha alternativa corresponde al circuito que usa cámara decantadora como pre-filtrado, y filtros de cartuchos auto limpiantes como filtro final.

b) Tesis titulada: *“Estudio de influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno”*. (2)

Su objetivo general fue: (2)

- ✓ Determinar la influencia de la ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno.

Sus objetivos específicos fueron: (2)

- ✓ Determinar la efectividad del trabajador en las labores subterráneas, después de la instalación del diseño de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno.
- ✓ Reducir la recirculación de aire viciado en el nivel 4955 mina Urano SAC – Puno.

Sus conclusiones de investigación fueron: (2)

- ✓ El caudal requerido de acuerdo a los parámetros es de 33000 cfm, pero en esta oportunidad se instaló dos ventiladores que suman ambos 40000 CFM, cumpliendo así el requerimiento de aire; se mejoró notablemente la ventilación tanto en la galería proyectada, como en la cortada de producción.

- ✓ En nuestra operación 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, lo cual se instaló en la misma galería; uno en BM y otros 800 metros de profundidad permitiendo enseriarlo, mediante una cámara de acumulación de aire con capacidad de 75 m³.
- ✓ En cuanto al rendimiento del personal antes de la instalación se realizaba 3 viajes en un tiempo de 3:45 min. Acarreando 13.8 TM, después de la instalación se realiza 4 viajes en un tiempo de 4:10 min, acarreando así 18.4 TM. Aumentando su rendimiento en 4.6 TM/guardia.
- ✓ Con el diseño y la instalación de un circuito de ventilación se minimizó la recirculación de aire viciado en nuestras operaciones.

c) Tesis titulada: *“Diseño del sistema de ventilación en el Nv 4050 veta Don Ernesto unidad minera El Porvenir – Milpo”*. (3)

Su objetivo general fue: (3)

- ✓ Realizar el diseño del sistema de ventilación a emplearse en el Nivel 4050 veta Don Ernesto unidad minera El Porvenir – Milpo.

Sus objetivos específicos planteados fueron: (3)

- ✓ Realizar el levantamiento de ventilación a emplearse en el Nivel 4050 veta Don Ernesto unidad minera El Porvenir – Milpo.
- ✓ Calcular el caudal de aire necesario a emplearse en el Nivel 4050 veta Don Ernesto unidad minera El Porvenir – Milpo.
- ✓ Determinar costo de ventilación a emplearse en el Nivel 4050 veta Don Ernesto unidad minera El Porvenir – Milpo

Sus conclusiones producto de su investigación fueron: (3)

- ✓ El diseño del sistema de ventilación a emplearse consta de colocar un ventilador en el CX 886 W proporcionando de aire fresco al CX 960 N y RA

972 E y el otro ventilador de 60000 CFM ubicado en la chimenea 930 proporcionado de aire TJ 590 N, TJ 590 S, RA 086 y el TJ 096 NW.

- ✓ De acuerdo al levantamiento de ventilación se tuvo 27 estaciones de ventilación lo cual se determinó el área, perímetro, la velocidad del aire en interior de mina y finalmente se obtuvo los caudales para tener un balance de flujos.
- ✓ El caudal total requerido de acuerdo al número de personas, por el uso de equipos diésel y por la dilución de contaminantes será de 90000 CFM, seleccionando un ventilador de 30000 CFM y otro de 60000 CFM.
- ✓ El costo de ventilación de acuerdo a los costos fijos, costos de operación costos de energía eléctrica y costos de salario de personal es de 47.53 US\$/TM.

d) Tesis titulada: *“Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea - mina Colquijirca CIA. de Minas Buenaventura S. A. A.”* (4)

Su objetivo general fue: (4)

- ✓ Obtener buena performance del trabajador y de los equipos mineros subterráneos, asimismo en la productividad con un buen sistema de ventilación en la mina de Colquijirca.

Sus objetivos específicos fueron: (4)

- ✓ Lograr un buen levantamiento de ventilación que ayudará a minimizar los riesgos de intoxicación por gases y humos en la mina de Colquijirca.
- ✓ Calcular la cantidad y calidad y cantidad de aire que se requiera para cumplir con una adecuada ventilación.
- ✓ Diseñar un buen sistema de ventilación en la Mina Colquijirca que estará contribuyendo con brindar un buen medio ambiente de trabajo y la mejora continua.

Sus conclusiones de su investigación fueron: (4)

- ✓ La mina tiene una cobertura de 66.43 % de aire, que significa que falta incrementar 6,617.54 m³/min (233,695.78 pies³/min) de aire fresco a la mina, para tener una cobertura de 100 % para no tener problemas de ventilación.
- ✓ La ventilación en los tajeos es problemática debido a que no se cuenta con un circuito definido para evacuar el aire contaminado, lo cual ocasiona acumulación de humo y concentraciones de gases que en algunos casos sobrepasan los Límites Máximos Permisibles.

- ✓ Los ventiladores auxiliares instalados en serie y que están ventilando los diferentes tajeos en explotación, están mal instalados, ocasionando recirculación del aire lo que motiva a que el humo generado por los equipos Diesel se acolchone y sea lenta su evacuación.

- ✓ Los circuitos principales de ventilación y que permiten la circulación del aire por las diferentes labores 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.

- ✓ Es necesario comunicar chimeneas principales hacia superficie que lleguen cerca a los tajos en explotación para evitar usar muchos ventiladores secundarios; mientras se ejecutan estos trabajos como medida correctiva se deben cambiar algunos circuitos de ventilación, los cuales se describen en el anexo No 1.

- ✓ También es necesario comunicar chimeneas menores entre niveles, es decir unir niveles inferiores, intermedios y superiores, para facilitar la evacuación del aire usado o contaminado, y encausarlo hacia las chimeneas principales de extracción.

2.2 Bases teóricas

2.1.1. Ventilación de minas

Tiene por misión el suministro de aire fresco con el objeto de lograr condiciones ambientales y termo-ambientales adecuadas para todo el personal que labore en faenas mineras subterráneas, como también para atender la operación de diversos equipos e instalaciones subterráneas.

2.1.2. Objetivos de la ventilación en minas subterráneas

- ✓ Suministrar el oxígeno para la respiración de las personas,
- ✓ Proporcionar el volumen de aire para los equipos *diesel* e instalaciones subterráneas,
- ✓ Evitar la formación de mezclas explosivas,
- ✓ Diluir y extraer los gases tóxicos y polvo en suspensión,
- ✓ Reducir la temperatura

2.1.3. Composición del aire seco

Tabla 1. Composición del aire seco

Componentes	% en volumen	% en peso
Nitrógeno	78.09	75.53
Oxígeno	20.95	23.14
Anhidrido Carbónico	0.03	0.046
Argón y otros gases	0.93	1.284

2.1.4. Gases en la minería

a) Monóxido de carbono

- **Características:**

- ✓ Fórmula: CO Peso específico: 0,967
- ✓ Límite explosivo: 12,5 a 74,2 %
- ✓ Límite permisible: 40 ppm - 44 mg/m³
- ✓ Gas incoloro e inodoro.

- **Como se genera**

- ✓ Es producto de la combustión incompleta de materias orgánicas o carbonáceas. Se desprende del escape de motores de combustión interna.
- ✓ Por el uso de explosivos.

- **Efectos fisiológicos (CO)**

Tabla 2. Efectos Fisiológicos (CO)

ppm	Efectos fisiológicos
40	Concentración máxima permisible para 8 hr de exposición
200	Jaqueca después de ½ hr. De exposición (leve intoxicación).
400 - 500	Desde ¾ a 1 hora, jaqueca, náuseas. Pérdida de conocimiento entre 1 ½ y 2 hr peligroso para la vida después de 2 hr.
800 - 1000	Pérdida de conocimiento después de 1 a 1 ½ hr. de exposición. Muerte después de 2 horas.
1500 - 2000	Fuerte jaqueca, náuseas y pérdida del conocimiento entre ½ a 1 hora. Fatal después de 1 h de exposición.

b) Hidrogeno sulfurado

- **Características**

- ✓ Fórmula: H₂S Peso específico: 1,19
- ✓ Límite explosivo: 4,3 a 45 %
- ✓ Límite permisible: 8 ppm - 11,2 mg/m³
- ✓ Gas incoloro, inflamable, olor a huevos podridos.

- **Como se genera**

- ✓ Por descomposición de la pirita (FeS).
- ✓ Por descomposición de sustancias orgánicas.
- ✓ Por disparos en minerales que contienen azufre.

- **Efectos fisiológicos (H₂S):**

Tabla 3. Efectos fisiológicos (H₂S)

ppm	Efectos Fisiológicos
8	Concentración máxima permisible para 8 hr. de exposición.
50 - 100	Intoxicación subaguda. Leve conjuntivitis, irritación del conducto respiratorio, después de 1 hora de exposición.
200 - 300	Fuerte conjuntivitis e irritación del conducto respiratorio después de 1 hora.
700	Posible intoxicación aguda, pérdida rápida del conocimiento. Paro respiratorio y muerte.
1000 - 2000	Intoxicación aguda, pérdida del conocimiento, paro respiratorio y

c) Dióxido de nitrógeno (humos nitrosos)

- **Características:**

- ✓ Fórmula: NO₂ ó N₂O₄ Peso específico: 1,54
- ✓ Límite permisible: 2,4 ppm - 4,8 mg/m³
- ✓ Gas color pardo rojizo a temperaturas sobre 23°C, picante y algo dulce.
- ✓ Ordinariamente no presenta riesgo de incendio, pero puede hacerse inflamable en presencia de oxígeno puro.

- **Como se genera:**

- ✓ Se producen al detonar explosivos o dinamitas.
- ✓ Se desprende del escape de equipos que funcionan a gasolina y diésel.
- ✓ Se producen durante las operaciones de soldadura al arco y con gas.

- **Efectos fisiológicos (NO₂)**

Tabla 4. Efectos fisiológicos (NO₂)

ppm	Efectos fisiológicos
2,4	Concentración máxima permisible para 8 hr. de exposición.
60	Irritación a la garganta.
100	Cantidad mínima que produce tos.
150	Peligroso, incluso para exposiciones cortas.
200 - 700	Fatal, aún en exposiciones cortas.

d) Anhidrido sulfuroso

- **Características:**

- ✓ Fórmula: SO_2 Peso específico: 2,2
- ✓ Límite permisible: 1,6 ppm - 4 mg/m³
- ✓ Gas incoloro, picante, irritante, sabor ácido y acentuado olor a azufre quemado.

- **Como se genera:**

- ✓ Por la combustión del azufre (piritas).
- ✓ Por la combustión de carbón rico en azufre.
- ✓ Disparos en minerales con alto contenido de azufre de los que puede desprenderse también H_2S y CO .

- **Efectos fisiológicos (SO_2):**

Tabla 5. *Efectos fisiológicos (SO_2)*

ppm	Efectos fisiológicos
1,6	Concentración máxima permisible para 8 hr. de exposición.
20	Irritación a los ojos.
150	Muy desagradable, pero puede soportarse durante algunos minutos.
400 - 500	Peligroso, incluso para exposición corta, respiración dificultosa.
1000	Causa la muerte en pocos segundos

e) Nitrógeno

- **Características:**

- ✓ Fórmula: N Peso específico: 0,971
- ✓ Gas incoloro, inodoro, físicamente inerte.
- ✓ Forma parte del aire (78,06%)

- **Como se genera**

- ✓ Se encuentra también en el aire en forma de amoníaco.
- ✓ Por los disparos (debido a la ausencia del oxígeno del aire).
- ✓ En los lugares en que la ventilación es deficiente y se produce una deficiencia de oxígeno.

- **Efectos fisiológicos (N)**

- ✓ Fisiológicamente es un gas inerte a la presión atmosférica normal, pero puede producir efectos nocivos sobre el organismo al reducirse la presión parcial del oxígeno en los pulmones. Esto produce asfixia y causa la muerte por falta de oxígeno.
- ✓ Una proporción de 84 % en el aire denota la ausencia de oxígeno (16%) y se torna peligroso para la vida.

f) Anhidrido carbónico

- **Características:**

- ✓ Fórmula: CO₂ Peso específico: 1,529
- ✓ Límite permisible: 4000 ppm 7200 mg/m³
- ✓ Gas incoloro, inodoro, sabor ligeramente ácido.
- ✓ Forma parte del aire en la proporción de 0,03 a 0,06%.

- **Como se genera**

- ✓ Se produce por la respiración de las personas y animales (fundamentalmente en lugares confinados).
- ✓ Producto de la combustión de sustancias carbonadas en presencia de exceso de aire o de oxígeno.
- ✓ Producto de disparos.
- ✓ Producto de escape de motores diésel que se usa en el interior de las minas.

- **Efectos fisiológicos (CO₂)**

Tabla 6. Efectos fisiológicos (CO₂)

ppm	Efectos fisiológicos
4000	Concentración máxima permisible para 8 hr. de exposición.
5000	Ventilación de pulmones aumenta en 300%, se producen jadeos.
6000	Se considera peligroso.
10000	Solo se puede resistir algunos minutos.
15000	Fatal en la mayoría de los casos.

g) Metano

- **Características**

- ✓ Fórmula: CH₄ Peso específico: 0,555
- ✓ Límite explosividad: 5 al 15% en el aire
- ✓ Gas incoloro, inodoro e insípido.

- **Como se genera**

- ✓ Se desprende a través de las fisuras en los mantos de carbón.
- ✓ Por la descomposición de la madera bajo agua.
- ✓ Por la descomposición de materias orgánicas.
- ✓ En las alcantarillas de la ciudad.

- **Efectos fisiológicos (CH₄)**

- ✓ Es un asfixiante simple y actúa desplazando el oxígeno del aire.
- ✓ Cuando el aire contiene 25% de metano produce asfixia por deficiencia de oxígeno.

2.1.5. Tipos de ventilación

a) Ventilación principal

Toda mina subterránea deberá disponer de circuitos de ventilación, natural o forzado, para mantener un suministro permanente de aire fresco y retorno del aire viciado.

El caudal de aire que circule por la mina dependerá del número de trabajadores, la extensión y sección de las labores, el tipo de maquinarias de combustión interna y las emanaciones de gases naturales de la mina.

b) Ventilación auxiliar

Como ventilación auxiliar se define aquellos sistemas que haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas. En nuestro caso por tratarse de faenas mineras de bajo tonelaje este sistema se asocia como sistema de ventilación principal de la mina.

El objetivo de la ventilación es mantener las galerías en desarrollo y frentes de explotación, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y máquinas, es decir, con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas.

Los frentes de explotación o desarrollo que se encuentren distante de la corriente y la aireación de dicho sitio se hagan lenta, deben emplearse ductos u otros medios auxiliares adecuados a fin que se produzca la renovación continua del aire.

2.1.6. Métodos de ventilación de minas subterráneas

a) Ventilación natural

Sistema de ventilación que tiene dos accesos, uno que funciona como entrada y el otro como salida del aire; se emplea en las labores mineras subterráneas, principalmente las localizadas en montañas, que se consigue por diferencia de cota, sin utilizar ninguna clase de equipo mecánico o eléctrico como ventiladores y extractores. La única fuerza natural que puede crear y mantener un flujo apreciable de aire es la energía térmica, debido a la diferencia de temperatura y presión barométrica que genera una diferencia de peso específico entre el aire saliente y entrante. La ventilación natural depende de la diferencia de elevación entre la superficie y las labores mineras subterráneas; la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la labor (a mayor diferencia, mayor presión y por lo tanto es mayor el flujo).

La ventilación natural es muy cambiante, depende de la época del año, incluso en algunos casos, de la noche y el día. Se denomina así porque el aire que recorre las labores mineras no es forzado ni se utilizan equipos para que el aire entre a la excavación minera. Este tipo de ventilación, no es suficiente de acuerdo a lo establecido en el artículo 40 del decreto 1886 de 2015. “toda labor subterránea debe contar con un circuito de ventilación forzada”

b) Ventilación auxiliar

Presión de ventilación que se establece como resultado de un efecto

mecánico, en particular un ventilador, el cual suministra la energía de ventilación para el flujo de un volumen de aire.

Para galerías horizontales de poca longitud y sección (menores a 400 metros y de 3.0 x 3.0 metros de sección), lo conveniente es usar un sistema impelente de mediana o baja capacidad, dependiendo del equipo a utilizar en el desarrollo y de la localización de la alimentación y evacuación de aire del circuito general de ventilación de la zona.

- **Sistema aspirante**

El aire fresco ingresa al frente por la galería y el contaminado es extraído por la ductería. Para ventilar desarrollos de túneles desde la superficie, es el sistema aspirante el preferido para su ventilación, aun cuando se requieren elementos auxiliares para remover el aire de la zona muerta, comprendida entre el frente y el extremo del ducto de aspiración.

- **Sistema combinado**

Aspirante-impelente, que emplea dos tendidos de ductería, uno para extraer aire y el segundo para impulsar aire limpio al frente en avance. Este sistema reúne las ventajas de los dos tipos básicos, en cuanto a mantener la galería y el frente en desarrollo con una renovación constante de aire limpio y en la velocidad de la extracción de los gases de disparos, con la desventaja de su mayor costo de instalación y mantenimiento.

- **Para galerías de mayor sección (mayor a 12 m²) y con una longitud sobre los 400 metros**

El uso de un sistema aspirante o combinado es más recomendable para mantener las galerías limpias y con buena visibilidad para el tráfico de vehículos, sobre todo si éste es equipo diésel. Hoy día, es la ventilación impelente la que más se usa, ya que el ducto es una manga totalmente flexible, fácil de trasladar, colocar y sacar. En este caso, el ventilador al soplar infla la manga y mueve el aire. En el caso de la ventilación aspirante, estas mangas deben tener un anillado en espiral rígido lo que las hace muy caras.

c) Ventilación principal

La ventilación en una mina subterránea es el proceso mediante el cual se hace circular por el interior de la misma el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura para el desarrollo de los trabajos.

La ventilación se realiza estableciendo un circuito de ventilación, para la circulación del aire a través de todas las labores. La ventilación principal de la mina es la que recorre todas las labores mineras y de ese circuito se desprende la ventilación a los frentes de trabajo de la mina.

El caudal de aire que circule por la mina dependerá del número de trabajadores, la extensión y sección de las labores, el tipo de maquinarias de combustión interna y las emanaciones de gases naturales de la mina.

d) Planeación de ventilación de una mina

Es el conjunto de etapas y procesos que involucran el diseño ingenieril de la ventilación de la mina. Para esto se debe tener en cuenta que una persona competente, ingeniero en minas y metalurgia o especialista en ventilación de labores subterráneas, calcule y diseñe el circuito de ventilación de la mina.

Con el cálculo de ventilación de la mina, esta debe ser adaptada de acuerdo al diseño ingenieril establecido, manejando dentro de la explotación un plano de la mina, con los valores definidos en el plan de ventilación de la mina y con los valores observados en las mediciones y en el monitoreo continuo, establecido de acuerdo a los protocolos de seguridad.

Para tal fin se puede tener un isométrico de ventilación, con los cálculos efectuados por el personal competente y con los valores dados de las mediciones efectuadas, con el fin de verificar el estado de la ventilación de la mina. De la misma manera, se debe establecer la proyección de la ventilación, para que las exigencias de caudales, vayan cumpliendo las exigencias de aire en la mina.

2.1.7. Programa de gestión en la ventilación de la mina

El programa adoptado debe incluir la clase de ventilación a emplear, proporcionar capacitación y entrenamiento a los mineros asignados, historia de todas las mediciones de gases y de caudales de ventilación y una evaluación sistemática de la efectividad del sistema de ventilación de la mina.

Una copia del programa debe estar disponible para los trabajadores, siendo responsabilidad de éstos y del personal de supervisión examinar y comprobar el estado de ventilación de la mina.

a) Requerimientos generales de un sistema de ventilación en minas

A continuación, se presenta la información que debe contener como mínimo un sistema de ventilación, cada empresa lo deberá ajustar de acuerdo a las características de la mina:

- ✓ Responsable calificado de la ventilación
- ✓ El plan general de ventilación
- ✓ Los planos del sistema de ventilación
- ✓ Los requisitos de seguridad para las obras de ventilación
- ✓ Las condiciones de seguridad de los ventiladores
- ✓ Las condiciones de seguridad para el control del volumen de aire
- ✓ Los procedimientos de seguridad para trabajos de mantenimiento y operación
- ✓ Las medidas de seguridad para cuando se rebasen los límites de concentraciones de gases.

b) Estudio técnico de la ventilación de minas

El estudio técnico de la ventilación de la mina debe contemplar, como mínimo, los aspectos que se indican en los apartados siguientes:

- ✓ Diseño del circuito de ventilación
- ✓ Plano de ventilación de la mina
- ✓ Cálculo de ventilación de la mina
- ✓ Cálculo de ventiladores de la mina
- ✓ Medición de caudal requerido por el número de personal

- ✓ Medición de caudal requerido por temperatura
- ✓ Medición de caudal requerido por el polvo en suspensión
- ✓ Medición de caudal requerido por la producción
- ✓ Medición de caudal requerido por consumo de explosivos
- ✓ Medición de caudal requerido por equipo diésel
- ✓ Medición permanente de gases
- ✓ Las acciones a desarrollar en caso de paro del sistema de ventilación y para el restablecimiento de la ventilación.

c) Diseño de la ventilación de la mina

El diseño de la ventilación de la mina involucra el cálculo en cada explotación de los factores analizados en el numeral anterior. Para este diseño se debe contar con una persona experta que realice los cálculos necesarios y defina el circuito de ventilación de la mina, realizando el cálculo de los ventiladores principales y de los caudales necesarios.

De igual manera, cada explotación minera debe realizar permanentemente mediciones de gases en los frentes de trabajo activos y establecer tableros de control para que el personal tenga conocimiento de la atmósfera de la mina.

Como el avance de la mina es dinámico, cada explotación debe contar con un plano de ventilación actualizado semanalmente, con el fin de observar los problemas de aire y los frentes críticos. Para el diseño de la ventilación de la mina, se debe tener en cuenta que el avance de los frentes ciegos se debe desarrollar con ventiladores auxiliares.

2.1.8. Consideraciones técnicas para la ventilación de minas subterráneas

En todos los lugares de la mina donde accede personal, el ambiente deberá ventilarse por medio de una corriente de aire fresco, de no menos de 3 metros cúbicos por minutos y por persona, en cualquier sitio de la mina, y la velocidad promedio no podrá ser mayor de 150 [m/min], ni inferior a 15 metros por minutos. En toda mina subterránea se deberá disponer de circuitos de ventilación natural

o forzado a objeto de mantener un suministro permanente de aire fresco y retorno del aire viciado.

En las minas se deberá realizar semestralmente un aforo de ventilación en las entradas y salidas principales de la mina, y anualmente un control general de toda la mina. Los resultados obtenidos a estos aforos deberán registrarse y mantenerse disponible para el servicio. En las minas donde en el desarrollo de las galerías se use ventilación auxiliar, el extremo de la manga de ventilación no deberá estar a más de treinta metros de la frente.

En caso de ser necesario ventilar galerías y/o chimeneas con aire comprimido se deberá adicionar a esto sopladores tipo Venturi. No se permitirá la ejecución de trabajos en el interior de las minas subterráneas cuya concentración de oxígeno en el aire, en cuanto a peso, sea inferior a 19,5 %.

Los ventiladores principales de la mina, se instalarán en lugares a prueba de fuego. En caso de paralización imprevista de los ventiladores principales, el personal deberá ser evacuado de los frentes, hacia lugares ventilados, o a la superficie si es necesario, según las condiciones ambientales existentes. Los reguladores de ventilación no deben ubicarse en galerías de acceso o de transporte.

Los ductos de ventilación y los ventiladores, deberán poseer descarga a tierra. Las puertas principales de ventilación y sus marcos, deben ser construidas de materiales incombustibles o resistentes al fuego y empotrados en la galería. Tales puertas, serán dobles cuando constituyan la única separación entre los flujos de aire principal de entrada y de retorno de la mina. Deben instalarse convenientemente espaciadas para que, durante su utilización, como el paso de personas y/o materiales, a lo menos una de ellas permanezca cerrada. Así también, la puerta que esté abierta, debe estar bien sujeta a la caja, de manera que esta no se cierre por efecto de caudales de aire.

En las minas en que se haya comprobado la presencia de gases explosivos, estará prohibido ventilar los “frentes” de explotación por medio de una inyección de aire. En las faenas de la minería del carbón se deberá contar con un barómetro ubicado en un sitio apropiado en superficie, a fin de conocer la tendencia de la concentración de metano en el interior, cuando la presión barométrica desciende.

En toda faena carbonífera subterránea, deberán efectuarse mediciones del contenido de metano (CH₄), por lo menos cada treinta (30) minutos en el flujo de ventilación y en los frentes de trabajo, después de cada disparo. Este control será efectuado por personal calificado y autorizado, consignando por escrito en libretas especiales o en otro medio adecuado, los valores obtenidos.

Cada vez que ocurra una acumulación de grisú, de cualquier valor que ella sea, deben adoptarse medidas inmediatas para desalojar el gas y medidas especiales para normalizar la ventilación, todo lo cual se registrara en el libro de novedades del turno. No serán considerados lugares aptos para la presencia de personas, los frentes de trabajo, vías de acceso o de comunicación, si el aire contiene más de un 2% de metano, en los frentes de arranque y más de un 0,75% de metano en las galerías de retorno general del aire de la mina.

2.1.9. Determinación del caudal de aire

a) Caudal según personal que trabaja

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

Donde:

f = volumen de aire necesario por persona (3 m³/min)

N= Número de personas trabajando

b) Caudal según desprendimiento de gas

$$Q = 0,139 \times q \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

q = volumen de gas que se desprende de la mina durante 24 hr, en m³.

c) Caudal según la producción

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

Donde:

$$u = 1 \text{ a } 1,7 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

T= producción diaria en toneladas

d) Caudal según consumo de explosivos

$$Q = 16,67 \times E \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

E= cantidad de explosivo a detonar (kg)

e) Caudal según equipos diésel

$$Q = 2,83 \times \text{HP} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

HP= N° caballo de fuerza del motor diésel.

2.1.10. Medición del caudal

$$Q = A \times V \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

A = Área media galería (m²)

V= Velocidad media flujo de aire (m/min)

2.1.11. Clasificación de gases

a) Gases asfixiantes

Producen una disminución de oxígeno en el aire, debido a que ocupan el volumen de éste en la atmósfera del lugar

b) Gases tóxicos

Provocan una disminución de oxígeno, penetrando a los pulmones y luego al resto del organismo

c) Gases explosivos

Producen efectos nocivos, tales como intoxicación, envenenamiento, destrucción de los tejidos, alteración de órganos y en última instancia la muerte; gases que mezclados con el aire producen en presencia de un iniciador (chispa) una explosión.

2.3 Definición de términos básicos

•Aforo

Son los puntos de ingresos y salidas de aire a mina de la intemperie.

•Aire viciado

Aire que sobrepasa los límites máximos establecidos en la norma y ley; aire contaminado producto de las operaciones, máquina en combustión, materiales en descomposición, polvo en suspensión.

•Balance de aire

Porcentaje de la diferencia entre el caudal de aire de ingreso y el caudal de aire de salida, este debe ser menor o igual a 10%, ya que de lo contrario se tendrá que volver a medir el caudal de ingreso y salida.

•Caudal requerido

Cantidad de aire necesario en mina para la adecuada combustión de los equipos, descomposición de elementos y detonación de explosivos, de tal manera que se genere un ambiente con aire bajo los límites máximos permisibles en composición de aire y temperatura.

•Circuito de ventilación

Conjunto de labores mineras y mangas que forman un circuito cerrado, y que mediante el principio de diferencia de presión conduce el aire de mina.

•Cobertura de aire

Porcentaje de aire de ingreso a mina, sobre el caudal requerido.

- **Gradiente geotérmica**

Variación de la temperatura, que aumenta por cada metro de profundidad.

- **Humedad relativa (%)**

Porcentaje de vapor de agua que contiene el ambiente medido del nivel máximo que podría mantener a temperatura ambiente del instante.

- **Levantamiento de ventilación**

Medición de características del aire de mina en distintos puntos, así como velocidad, temperatura ambiente, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, presión barométrica y caudal de aire.

- **Límite permisible**

Cantidad de contenido de un elemento permitido por la norma y ley.

- **Temperatura ambiente (°C)**

Estado del ambiente que se manifiesta en el aire y en los cuerpos en forma de calor.

- **Temperatura de bulbo seco (Tdb)**

Temperatura de la mezcla aire seco y vapor de agua en las condiciones del sistema.

- **Temperatura de Bulbo Húmedo (Twb):**

Temperatura límite de enfriamiento que alcanza una pequeña masa de líquido en contacto con una masa mayor de aire húmedo.

- **Ventilador extractor**

Ventilador que evacua los gases de mina hacia la superficie.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Métodos y alcances de la investigación

3.1.1 Método general

El método general de la investigación es el científico, debido que se seguirán pasos sistemáticos con la finalidad de demostrar las hipótesis planteadas mediante la observación experimental, para buscar la solución al problema planteado.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que en una primera instancia se aplicará los conocimientos de la investigación básica para solucionar el problema de sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad del aire.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional, el propósito consiste en buscar la causa efecto que se generan en el problema en el sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad del aire

3.2 Diseño de investigación

La investigación es experimental, debido que para determinar el sistema de ventilación en cuanto se refiere a la calidad del aire se manipula el diseño con la finalidad de racionalizar el uso de ventiladores.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por la por la, mina Cachi Cachi, unidad minera Yauricocha.

3.3.2 Muestra

La muestra censal está conformada por la, mina Cachi Cachi, unidad minera Yauricocha.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

- Observación
- Entrevista
- Encuesta

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de observación
- Entrevista personalizada
- Ficha de encuesta

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.4.1 Parámetros actuales de operación

- Cota Promedio: 4,610.56 m s. n. m.
- Sistema de minado: semi mecanizado.
- Método de minado: *sublevel caving* y corte & relleno ascendente.
- Perforación: *jack leg* y *Jumbo*
- Limpieza: *Scooptrams* de 2.2 y 4.3 yd³, diésel.
- Número de guardias: 02/día
- Horario de trabajo:
- ✓ Turno "A" 7:28 am a 6:30 pm.
- ✓ Turno "B" 7:28 pm a 6:30 am.
- Personal por guardia: 289.
- Número de equipos Diésel: 82.
- Potencia nominal, total equipos diésel: 9,481 Hp nominal y 3,428.4 Hp's efectivos.
- Número de disparos: 02/día

a) Los tiempos de ventilación después de las voladuras son:

- ✓ Turno "A" = 1 hora de 6:30 am. a 7:28 am.
- ✓ Turno "B" = 1 hora de 6:30 pm. a 7:28 pm.

b) Los horarios para las voladuras primarias (chispeos) son:

- ✓ Turno "A" = 6:00 am.
- ✓ Turno "B" = 6:00 pm.
- Tipo de explosivo: Emulsión.
- Velocidad mínima del aire: 20 m/min.
- Velocidad máxima del aire: 250 m/min (en zonas de tránsito de personal).
- Producción de mineral:
- ✓ Diaria: 4,000 TMS.
- ✓ Mensual (estimado): 120,000TMS.

c) Parámetros de medio ambiente

- Densidad de aire:0.68
- Bulbo seco:12 °C
- Bulbo húmedo:4 °C
- T. roca superficie:11 °C
- P. barométrica promedio:640 hPa.
- Humedad relativa:39.7 %
- Elevación superficie:4,150 m s. n. m.

d) Sistema de ventilación actual

• Zona Cachi Cachi

La zona de Cachi Cachi cuenta con dos vías principales de alimentación de aire fresco: túnel Yauricocha y túnel Klepetko, de los cuales el primero es de mayor incidencia para el ingreso del flujo fresco para la zona que se dirige por el CX 3470NE el cual se reparte hacia el PQ Cachi Cachi y CX 5130, esta última labor siendo la vía principal para el suministro de aire fresco por la RP. Tatiana (-) RP 5130 hasta el punto de bifurcación del NV 820 en donde el flujo se divide por la RP Karlita (RP 7235) y la RP Escondida, hasta el nivel 870 para suministrar aire fresco a los cuerpos Angelita, Karlita y Elissa, en donde posteriormente el flujo es encausado por la RP Karlita (-) y RP Escondida (-) hacia la zona de profundización de los cuerpos anteriormente mencionados.

La evacuación de los aires contaminados de la zona de profundización del cuerpo Elissa es evacuado por el RB 25 hasta el NV 720 en donde el flujo es captado y encausado nuevamente por la CH 416-9 con dirección hacia superficie, por otra parte el aire contaminado de los cuerpos Angelita y Karlita salen mediante chimeneas convencionales hasta el NV 670 y se encausan lográndose unir a los aires contaminados del cuerpo Elissa en la CH 416-9, a partir del cual el aire contaminado (global – zona Cachi Cachi) se dirige hasta el NV 410 mediante la CH 416-9 a partir del cual el aire sale a superficie por diferentes puntos de evacuación de gases, siendo estos la BM 410 (CX1724S), CH 416-9 que conecta a superficie y la CH 785-8 el cual está forzado por el ventilador de codificación JY 03 de 60 KCFM de capacidad, también se cuenta con dos chimeneas convencionales, CH Camino y CH Rossi los cuales extraen todos los remanentes del NV 670 directamente hacia superficie.

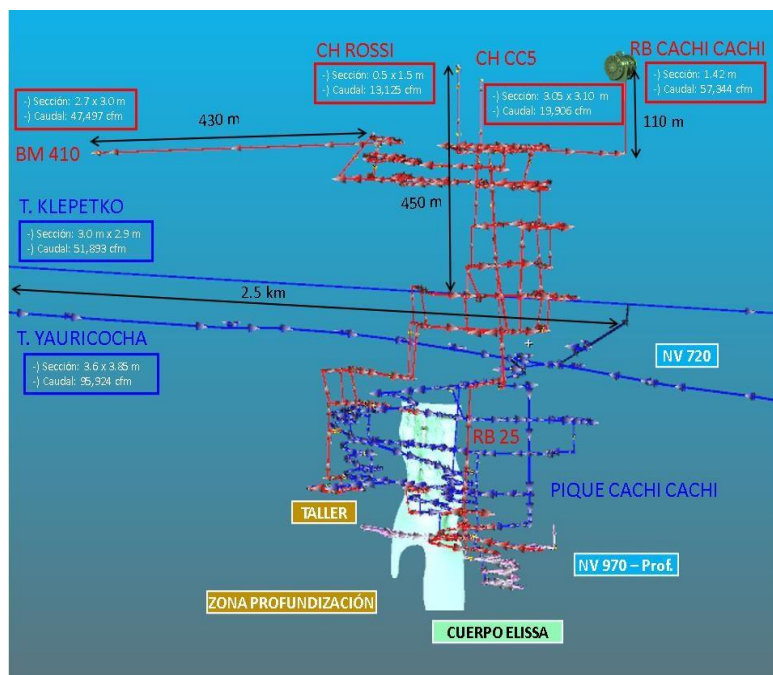


Figura 1. Circuito de ventilación – zona Cachi Cachi
Tomado del Departamento de Ventilación -U.M. Yauricocha

- **Zona central**

La zona central cuenta con 3 principales circuitos de aire fresco Pique Central, Pique Mascota y túnel klepetko los que bifurcan en el Nv 720 este aire fresco alimenta a la red de los cuerpos Mascota, Esperanza, Central sur medio, Catas,

Antacata y Rosaura. El cual baja por la Rp Mascota, RB Yauricocha a los niveles inferiores. El sistema también posee otros circuitos de entrada de aire como el Túnel Yauricocha, el Rb 2850, el BM 300, el Rb 01 y la Gal. 2073 SE. La evacuación del aire viciado del cuerpo mascota de la profundización es por el RB 40, RB 29, RB 24 y RB Yauricocha el que llega a superficie.

El aire viciado del cuerpo esperanza es expulsado por el RB 28 al Nv. 920 que luego sale por el RB 35 al Nv. 820 para ser direccionado al RB 01 (cuyo ventilador se encuentra apagado durante la fase I del presente estudio).

La evacuación del aire viciado del contacto sur medio, se realiza por el RB 23 que se encuentra en el Nv. 1070 hasta el Nv. 970, donde se direcciona al RB 03 que luego se encauza a una chimenea convencional que llega a superficie.

El circuito del aire viciado del cuerpo catas Antacaca proviene desde el Nv. 1070 al 970 piso 18 por el RB 18 luego pasa por la Rp Catas hasta el 720 donde conecta con el Rb Amoeba hasta el Nv 520 que luego conecta con el alimak Amoeba hacia superficie.

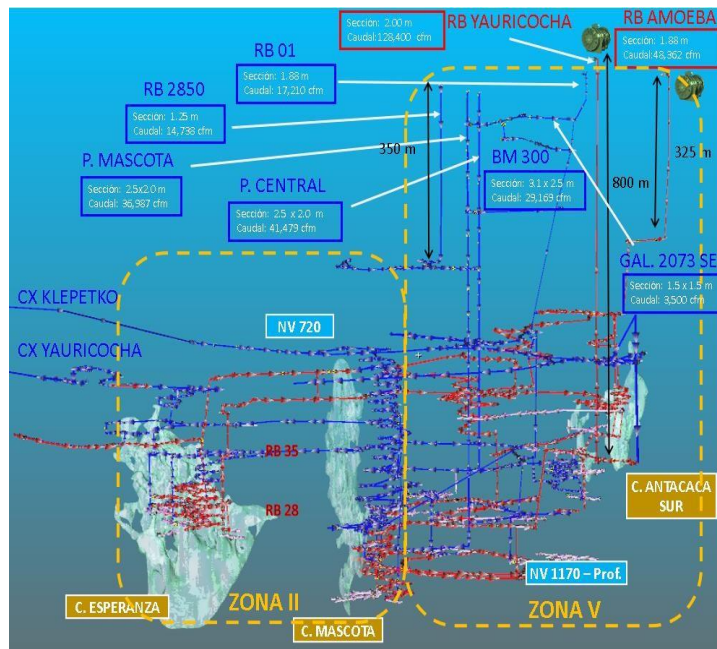


Figura 2. Circuito de ventilación – zona Central
Tomado del Departamento de Ventilación -U.M. Yauricocha

4.4.2 Levantamiento de ventilación

Se estructuró un esquema de medición determinado por estaciones principales (para elaforo de caudales) y estaciones secundarias, identificando las labores, dirección y velocidad del aire, obteniéndose los flujos para el balance de aire.

En el levantamiento de campo se contabilizaron:

- Estaciones principales: 14 puntos (08 ingreso y 06 salida).
- Estaciones secundarias: 153 puntos.
- Total: 167 estaciones.

➤ Estaciones principales

• Estaciones principales–ingreso de aire.

El ingreso de aire fresco se obtiene por tres (03) bocaminas principales y dos piques, del cual, BM Yauricocha (Nv–720), representa al pulmón con 33 %, seguido del Túnel Klepetko con 17.8 %. Obteniéndose, una totalidad de ingreso de aire limpio a la mina de 290,901 cfm.

Tabla 7. Ingreso de aire actual – medición de campo

Est.	Ubicación		Sección				Velocidad			Caudal		Dist. Porc %
	Nivel	Labor	Ancho	Alto	Forma	Área m ²	m/s	m/min	m ³ /min	CFM		
EVP 01	Superf	Túnel klepleto	2.90	3.00	Baúl	8.16	3.00	180	1469.45	51893.21	17.8	
EVP 02	Superf	Túnel klepleto	3.85	3.60	Baúl	13.00	3.48	209	2716.28	95924.36	33.0	
EVP 03		Pq. Mascota	0.90	0.20	Rectan	1.12	2.52	151	168.66	5956.34	2.0	
EVP 04	Superf		1.62	1.80	Rectan	5.83	2.51	151	878.69	31030.57	10.7	
EVP 04		Pq. Cental	0.90	0.20	Rectan	2.45	0.87	52	127.13	4489.65	1.5	
EVP 04			1.62	1.80	Rectan	5.83	2.99	180	1047.43	36989.54	12.7	
EVP 05	Superf	Rb. 2850	1.25	∅	Circular	1.23	5.67	340	417.32	14737.68	5.1	
EVP 06	Superf	BM. 300	3.05	2.54	Baúl	7.27	1.89	114	825.98	29169.21	10.0	
EVP 13	Superf	RB 01	1.88	∅	Circular	2.78	2.93	176	487.33	17210.00	5.9	
EVP 14	Superf	Gal 2073 SE	1.50	1.50	Rectan	2.25	0.73	44	99.11	3500.00	1.2	
Total									7650.90	290901.00	100.0 %	

- **Estaciones principales–salidas de aire.**

La salida de aire viciado fue medida en la estación de control ubicada en superficie. El eje principal de extracción es el RB Yauricocha en cuyo techo se encuentra el ventilador de codificación AR-100 representando un 40.8%. Además, se cuenta con la extracción forzada del ventilador de codificación JY-01 (RB Amoeba) como eje de salida, representado con un 15.4%. De modo que, el total de aire viciado se determinó en 314,633 cfm.

Tabla 8. Salida de aire actual – medición de campo

Est.	Ubicación		Sección				Velocidad		Caudal		Dist.
	Nivel	Labor	Ancho	Alto	Forma	Área m ²	m/s	m/min	m ³ /min	CFM	Porc. %
EVP 07	Superf	Ch. Rossi	1.50	0.50	Rectan	0.75	10.43	626	469	13125	4.2
EVP 08	Superf	Ch. Emccos	1.25	1.40	Rectan	1.27	1.66	99	127	4475	1.4
EVP 09	Superf		1.80	1.70	Rectan	2.14	3.40	204	437	15431	4.9
	Superf	BM.410	3.00	2.70	Baúl	7.60	3.19	1901	1455	47947	15.1
EVP 10	Superf	Rb. Cachi Cachi	1.42	∅	Circular	1.58	17.09	1025	1624	57344	18.2
EVP 08	Superf	Rb. amoeba	1.88	∅	Circular	2.78	8.22	493	1369	48362	15.4
EVP 08	Superf	Rb. Yauricocha	2.00	∅	Circular	3.14	19.29	1157	3636	128400	40.8
Total									9116.8	314633	100.0
											%

- **Estaciones secundarias**

Las estaciones de ventilación secundarias se ubican en las labores de mayor representatividad del flujo de aire, contándose un total de 153 estaciones de monitoreo.

Cabe indicar que estas mediciones se realizaron tanto en cruceros como en la cabeza y pie de ingresos y salidas de aire, con mayor énfasis en los niveles de producción.

➤ **Análisis de velocidades de aire**

a) Análisis de velocidades – zona Cachi Cachi

• **Análisis de Rp. Tatiana**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la Rampa Tatiana de la zona Cachi, donde se visualiza 02 puntos por debajo de la velocidad máxima (250m/min) según D.S. 024-2016 y su modificatoria D.S. 023-2017 EM.

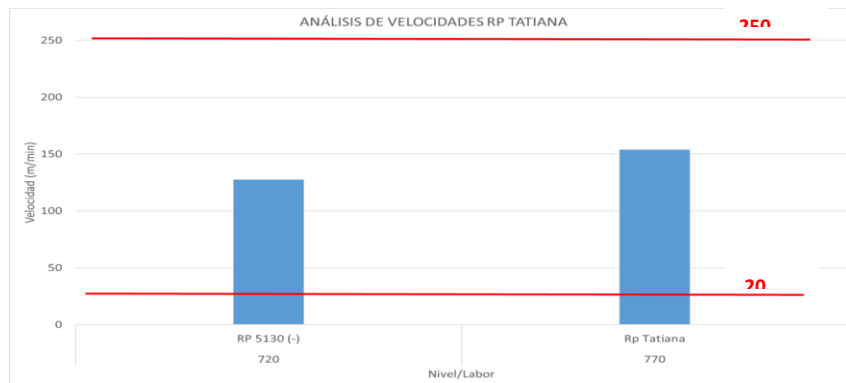


Figura 3. Análisis de velocidad de Rp. Tatiana

• **Análisis de Rp. Karlita**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la Rampa Karlita de la zona Cachi Cachi, donde se visualiza 03 puntos por debajo de la velocidad mínima (20m/min) según D.S. 024-2016 y su modificatoria D.S. 023-2017 EM.

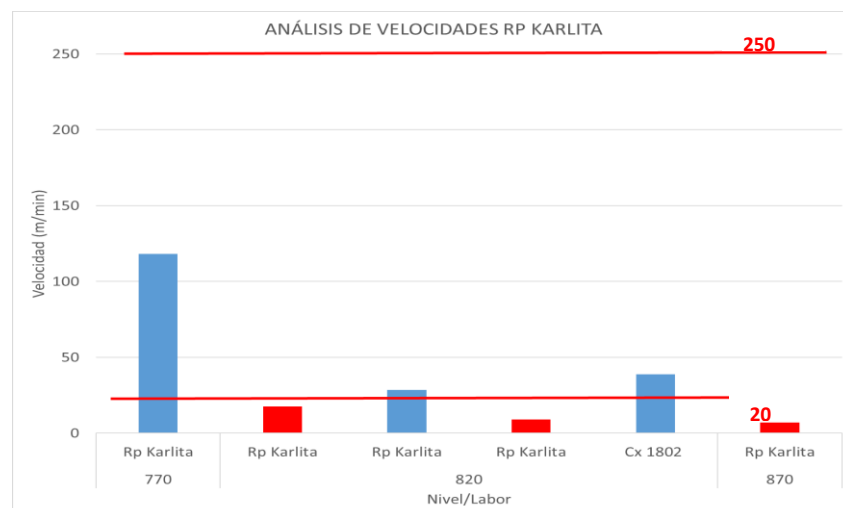


Figura 4. Análisis de velocidades Rp. Karlita

- **Análisis de Rp. Escondida**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la Rampa Escondida de la zona Cachi Cachi, donde se visualiza 01 punto por debajo de la velocidad mínima (20m/min) según D.S. 024-2016 y su modificatoria D.S. 023-2017 EM.

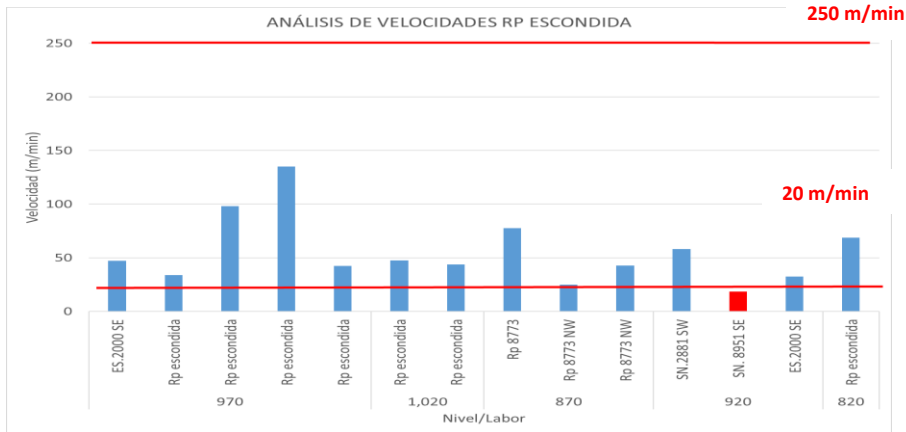


Figura 5. Análisis de velocidades de la Rp. Escondida

- **Análisis de Nv-720 y Nv-870**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los Nv- 720 y 870 de la zona Cachi Cachi, donde se visualiza 03 puntos por debajo de la velocidad mínima (20m/min) y 01 punto por encima de la velocidad máxima (250m/min) según D.S. 024-2016 y su modificatoria D.S. 023-2017 EM.

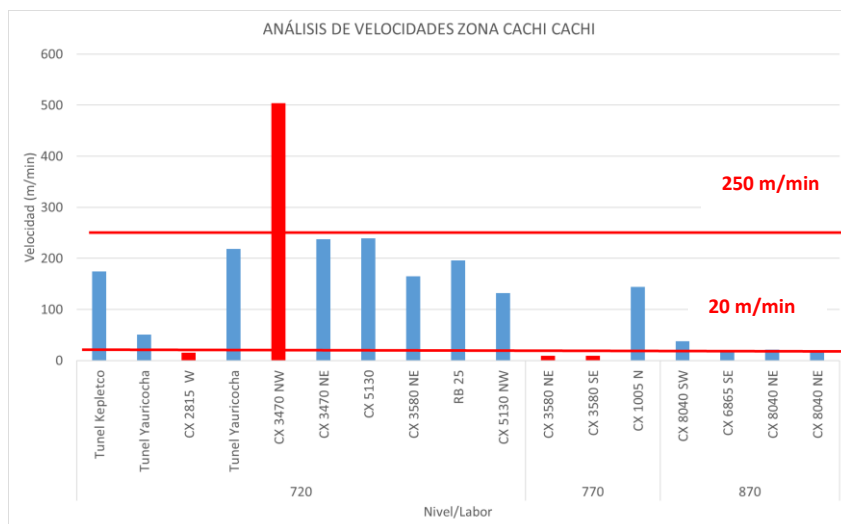


Figura 6. Análisis de velocidades en los Nv- 720, 770 y 870

b) Análisis de velocidades – zona central

- Análisis de Nv. Rp CSM

Se observa el análisis de la Rampa Contacto Sur Medio en los niveles 970 y 1020 donde se visualiza 06 puntos por debajo de la velocidad mínima (20m/min) requerida según D.S. como también mencionar que son labores transitadas.

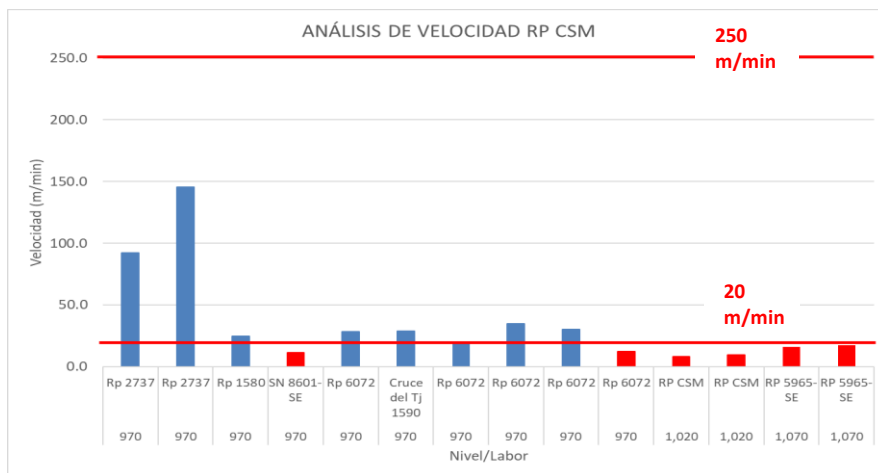


Figura 7. Análisis de velocidades de la Rp. CSM

- Análisis Rp. Catas

Se realiza el análisis de la Rp. Catas, donde en el Nv. 1070 se visualiza 01 punto por debajo de la velocidad mínima y en el Nv. 1020 se visualiza 01 punto por debajo de la velocidad mínima (20m/min) requerida según D.S. como también mencionar que son labores transitadas.

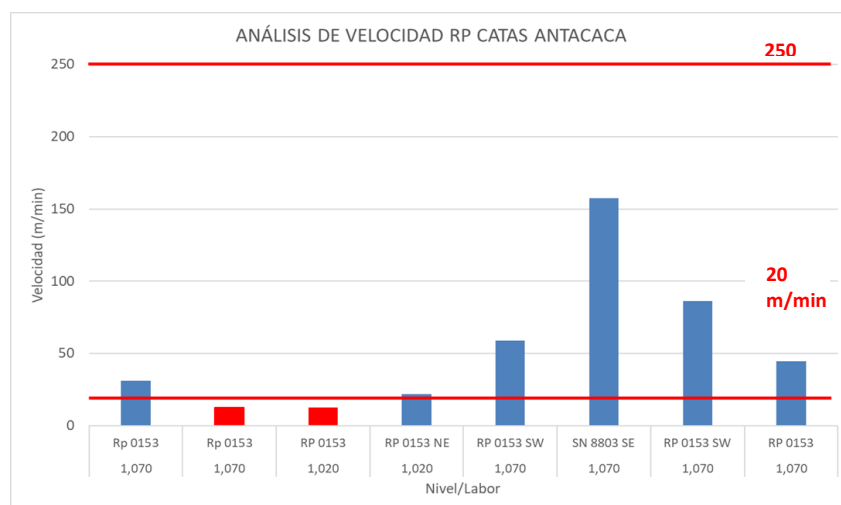


Figura 8. Análisis de velocidades Rp. Catas

- **Análisis Rp. Mascota**

En la gráfica 7, el CX 6980, Rp. 2235(-), Rp 8400 del Nv 1020, 1070 y 1170, donde se visualiza 03 puntos por debajo del LMP (20 m/min), son cruceros que tienen tránsito de personal por lo cual se debe incrementar la velocidad del flujo, se tiene bajas velocidades en la Rp. Mascota.

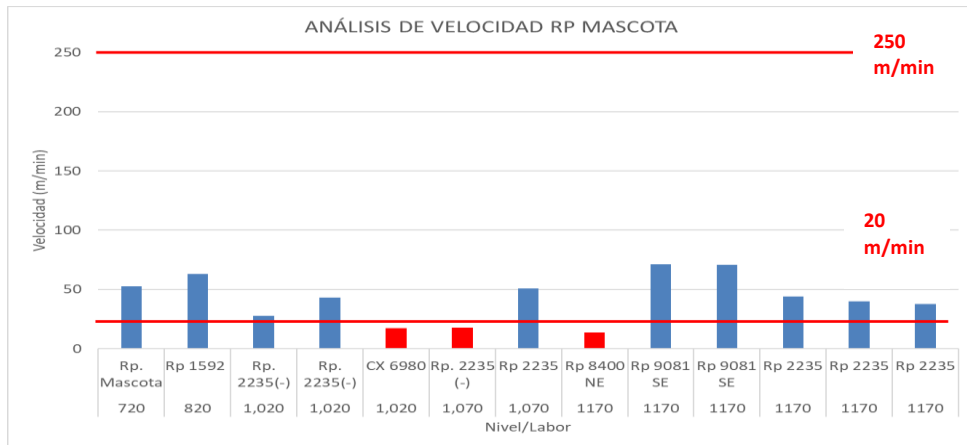


Figura 9. Análisis de velocidades Rp. Mascota

- **Análisis Rp. Esperanza y Rosaura**

Rp. Esperanza donde se visualiza 03 puntos por debajo del LMP (20 m/min) son labores que tienen tránsito de personal por lo cual se debe incrementar la velocidad del flujo, mientras que en la Rp. Rosaura 01 punto está por debajo del LMP (20m/min).

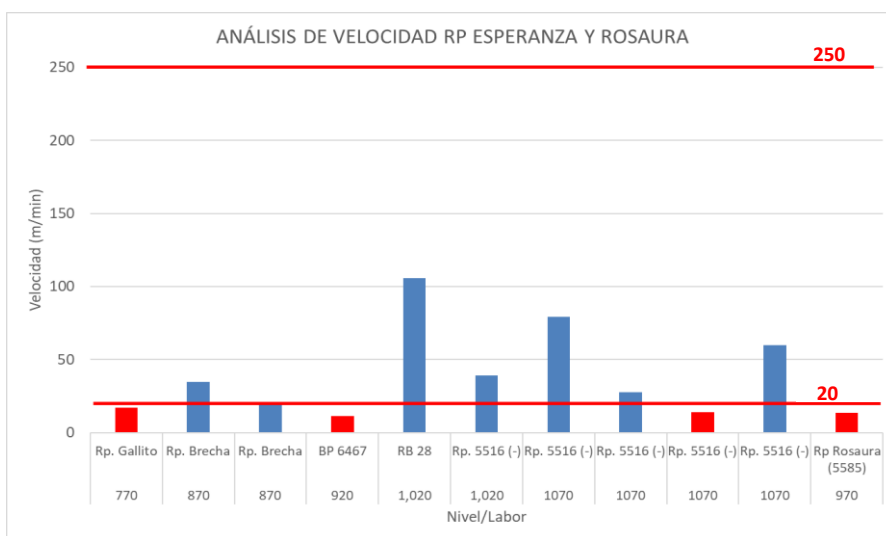


Figura 10. Análisis de velocidades de la Rp Esperanza

- **Análisis de Nv 720, 770, 820, 870, 920 y 970.**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza 04 puntos con velocidades por encima de los 250m/min y 04 puntos con velocidades por debajo de los 20 m/min.

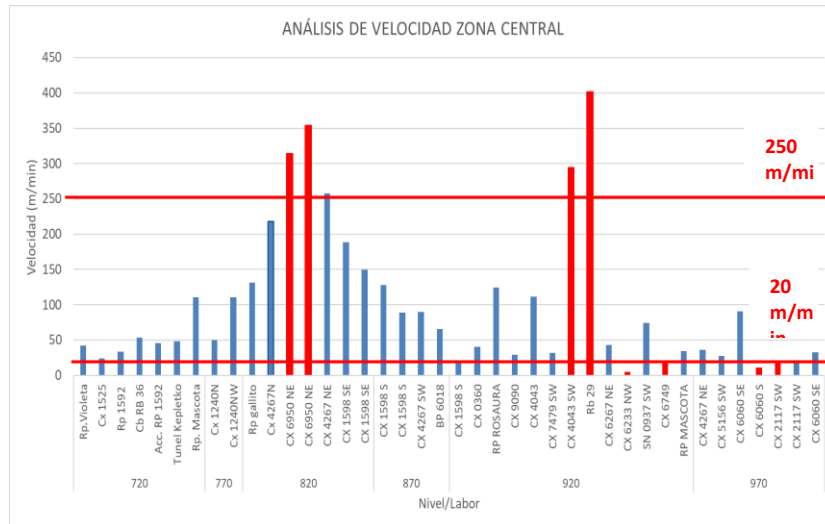


Figura 11. Análisis de velocidades de los NV 720,770, 820, 870,920 y 970

- **Análisis de Nv 1070 y 1170**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza 08 puntos con velocidades por debajo de los 20 m/min en los NV-1070 y 117

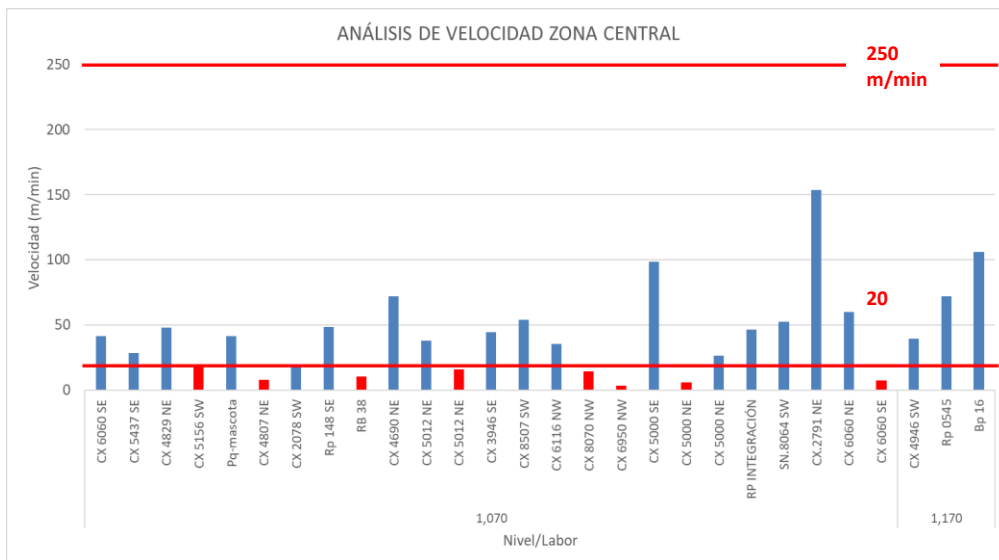


Figura 12. Análisis de velocidades de los NV

➤ **Análisis de temperatura**

Según el D.S. 024-2016-EM y su modificatoria 023-2017-EM, la temperatura ambiente no debe exceder 23 °C, por lo cual se realiza el análisis en las labores de trabajo de la unidad minera Yauricocha, obteniendo el siguiente resultado.

a) Análisis de temperatura- zona Cachi Cachi

• **Análisis Rp. Tatiana**

En la gráfica 11 se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la Rp. Tatiana de la zona Cachi Cachi donde se visualiza que no exceden los 23°C.

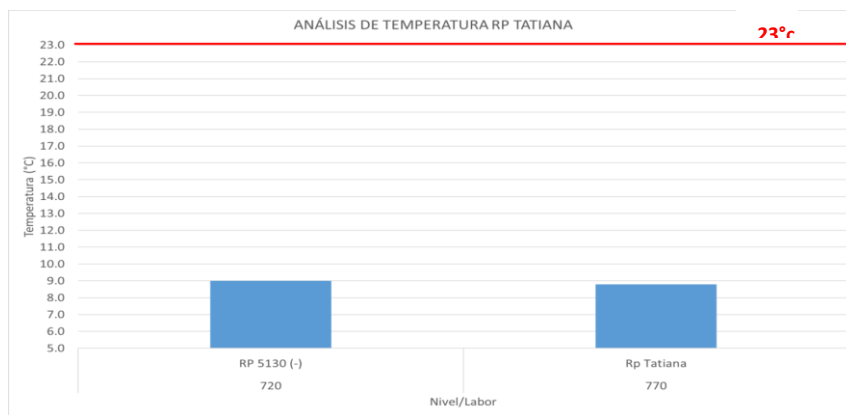


Figura 13. Análisis de temperatura Rp Tatiana

• **Análisis de Rp. Karlita**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la Rp. Karlita de la zona Cachi Cachi donde se visualiza que no exceden los 23°C.

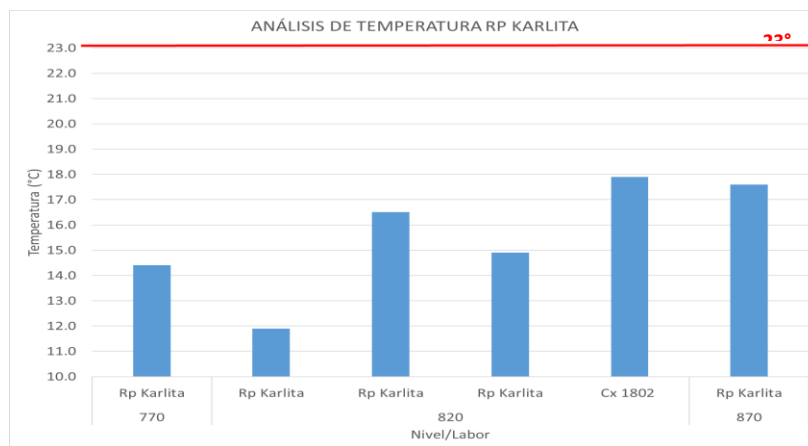


Figura 14. Análisis de temperatura Rp. Karlita

- **Análisis de Rp. Escondida**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la Rp. Escondida de la zona Cachi Cachi donde se visualiza que no exceden los 23°C.

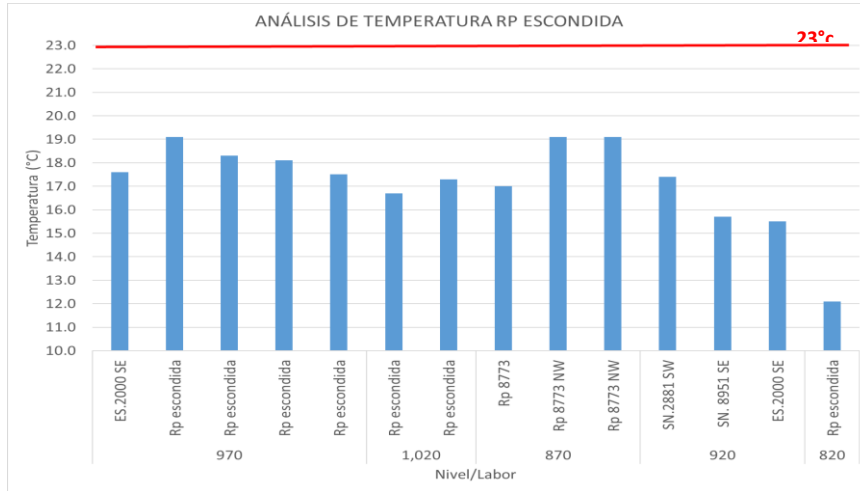


Figura 15. Análisis de temperatura Rp. Escondida

- **Análisis de Nv- 720,770 y 870**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en la os Nv- 720,770 y 870 de la zona Cachi Cachi donde se visualiza que no exceden los 23°C.

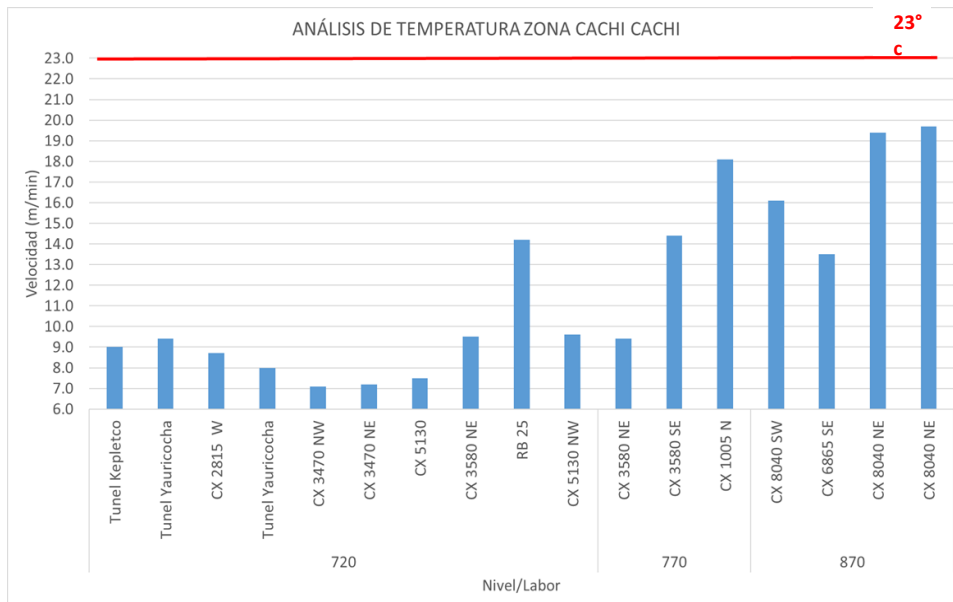


Figura 16. Análisis de temperatura NV 720, 770 y 870

b) Análisis de temperatura- zona central

- Análisis de la Rp CSM

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza que no exceden los 23°C.

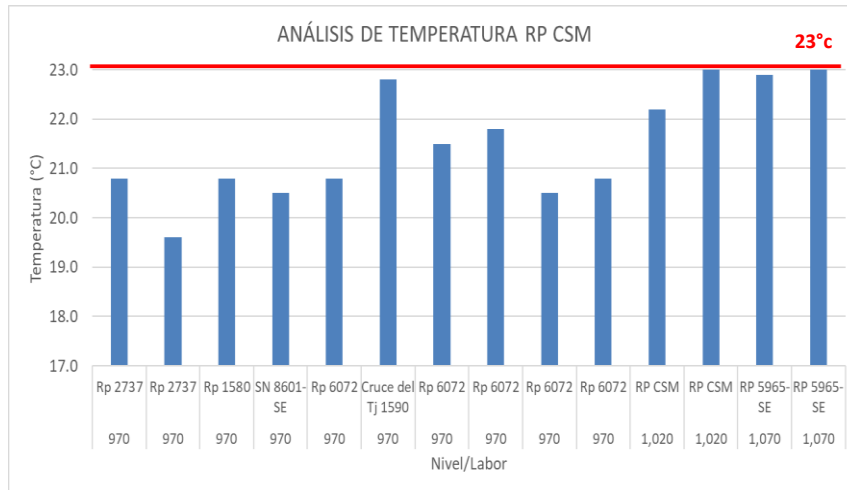


Figura 17. Análisis de temperaturas de la Rp. CSM

- Análisis de Rp Catas Antacaca

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza que no exceden los 23°C.

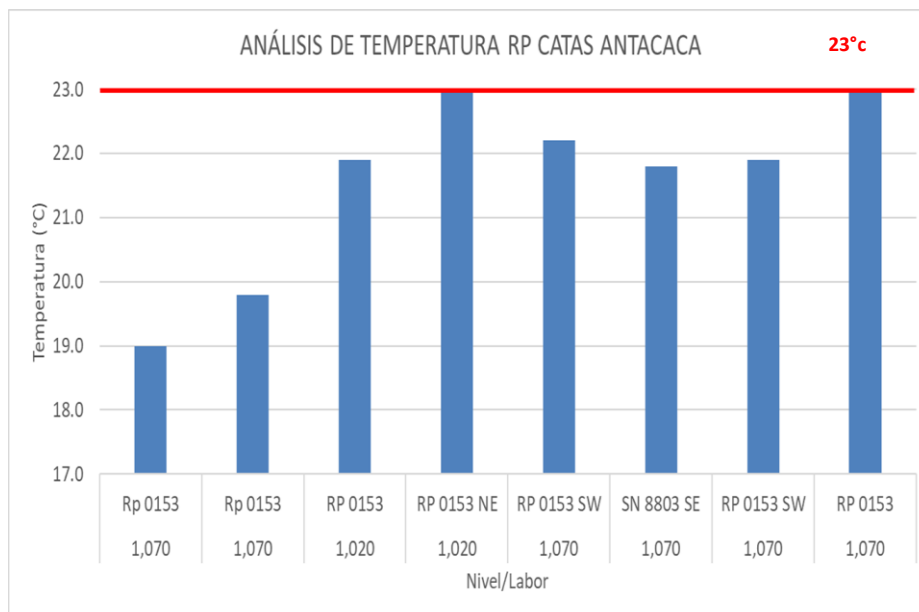


Figura 18. Análisis de temperaturas Rp Catas Antacaca

- **Análisis de Rp Mascota**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza que no exceden los 23°C.

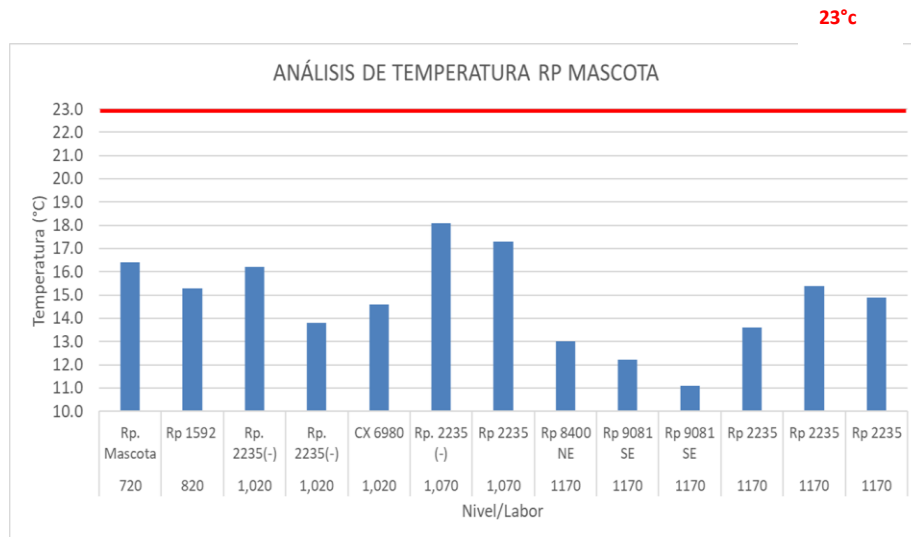


Figura 19. Análisis de temperatura de la Rp. Mascota

- **Análisis de Rp Esperanza y Rosaura**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza que no exceden los 23°C.

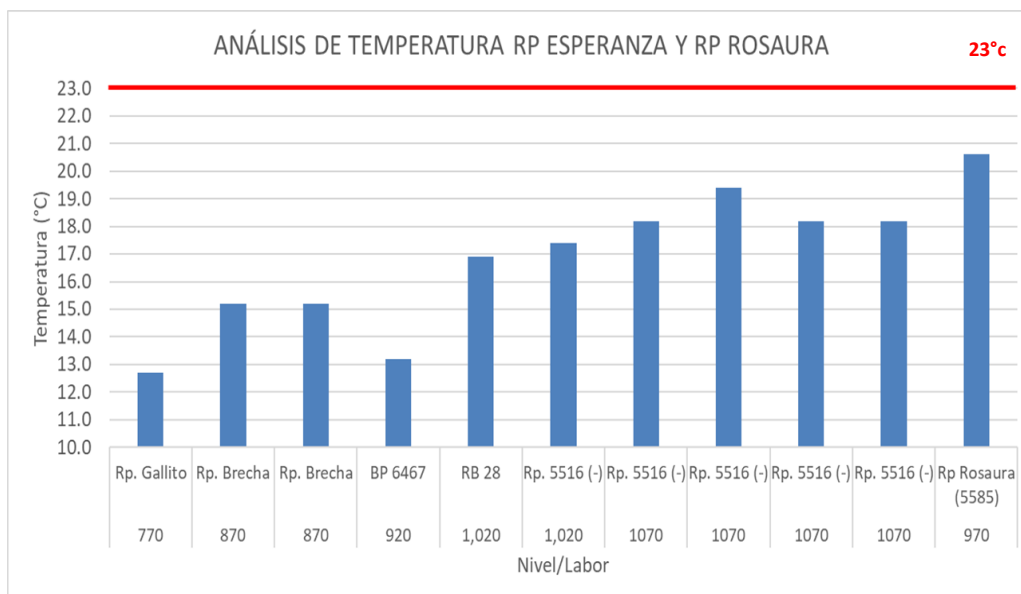


Figura 20. Análisis de temperaturas de la Rp. Esperanza

- **Análisis de NV- 720,770, 820,870, 920 y 970**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los diferentes niveles de la zona Central donde se visualiza que no exceden los 23°C.

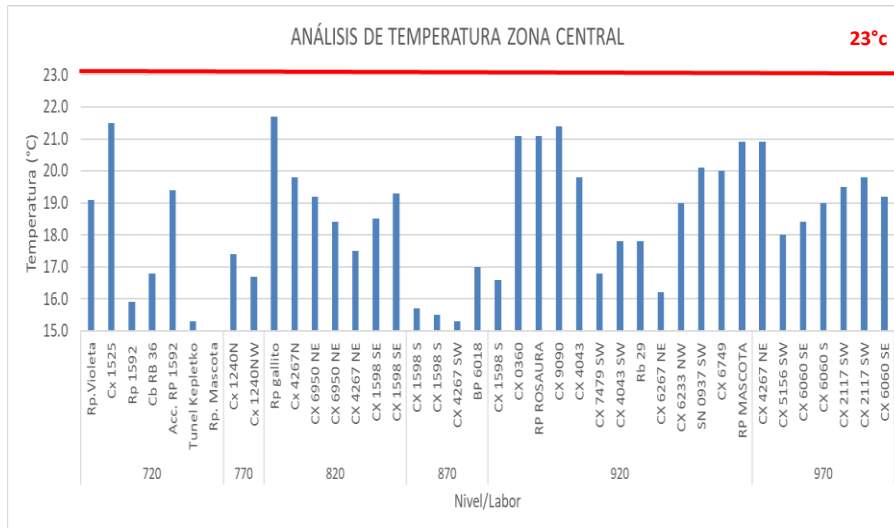


Figura 21. Análisis de temperaturas de los NV- 720,770,820,870,920 y 970

- **Análisis de NV-1020 y 1070**

Se observa el análisis de los puntos de monitoreo en los niveles 1020 y 1070 de la zona Central donde se visualiza que la Rp integración excede los 23°C.

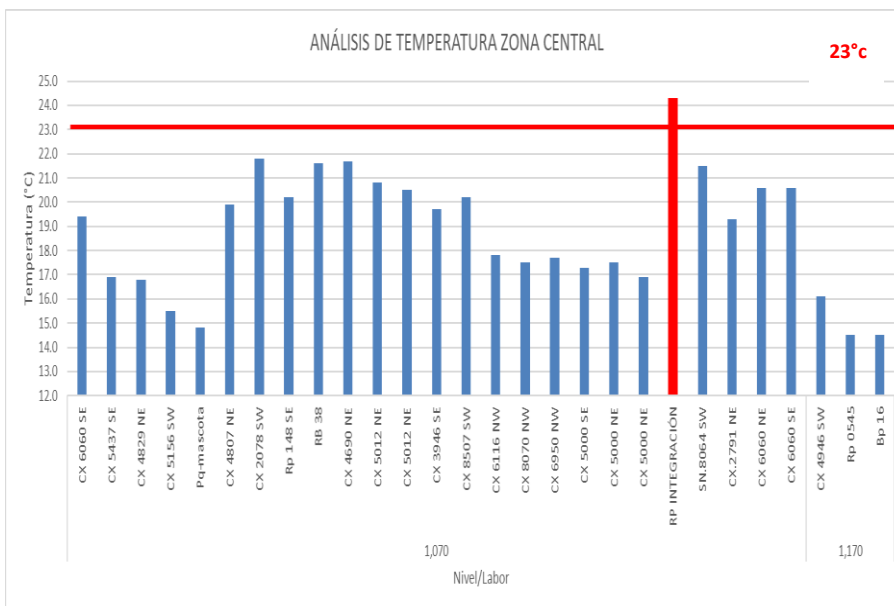


Figura 22 Análisis de temperaturas de los NV- 1020 y 1070

➤ **Análisis del gas monóxido de carbono y dióxido de carbono (CO & CO₂).**

a) Análisis del gas monóxido y dióxido de carbono - zona Cachi Cachi

• **Análisis de Rp. Tatiana**

Se visualiza que la Rp. Tatiana no tiene alta concentración de CO y CO₂ cuyo LMP son 25ppm y 0.5 %respectivamente.

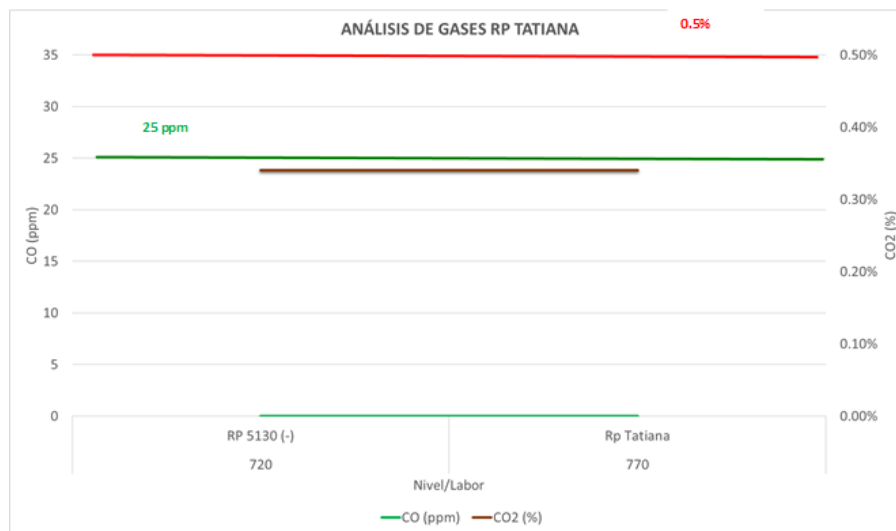


Figura 23. Análisis de gases Rp. Tatiana

• **Análisis de Rp. Karlita**

Se visualiza que la Rp. Karlita no tiene alta concentración de CO y CO₂ cuyo LMP son 25ppm y 0.5 %respectivamente.

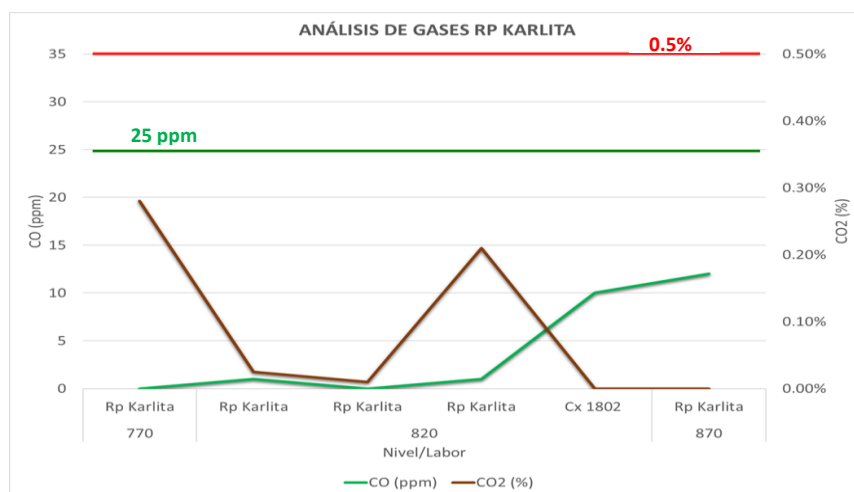


Figura 24. Análisis de gases en Rp. Karlita

- **Análisis de Rp. Escondida**

Se visualiza que la Rp. Escondida tiene 2 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superan el LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO2 en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5%.

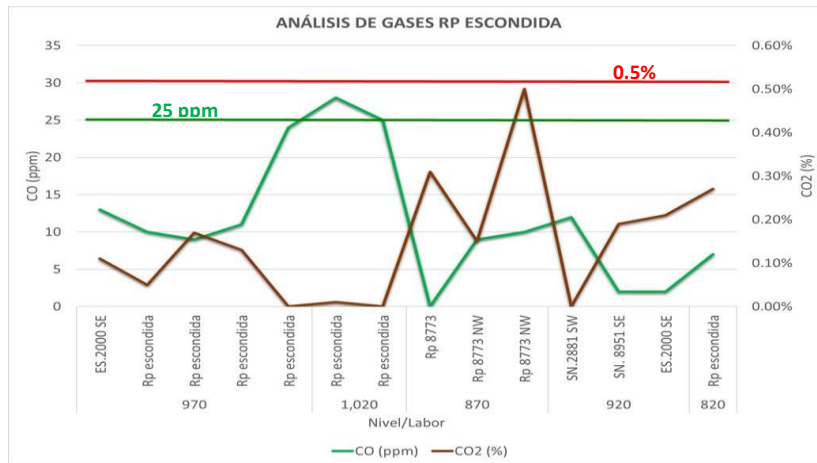


Figura 25. Análisis de gases en Rp. Escondida

- **Análisis de NV- 720,770 y 870**

Se visualiza que los NV-720,770 y 870 no tienen alta concentración de CO y CO2 cuyo LMP son 25ppm y 0.5% respectivamente.

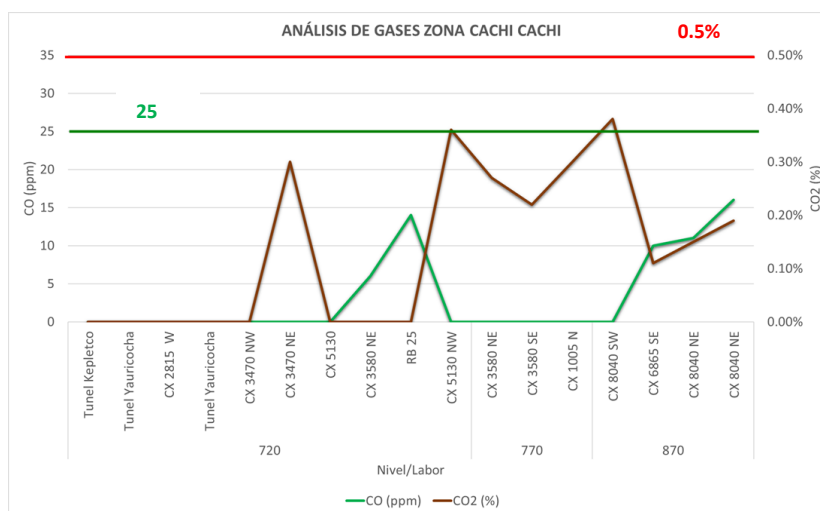


Figura 26 Análisis de gases de los Nv-720 y 870

b) Análisis del gas monóxido y dióxido de carbono- zona Central

- Análisis de Rp. CSM, se visualiza que Rp CSM tiene 10 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superan el LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO₂ en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5%.

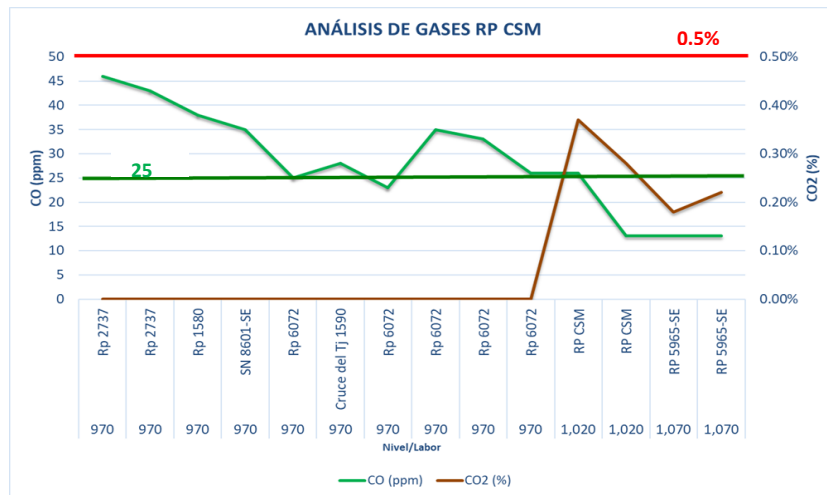


Figura 27 Análisis de gases Rp CSM

• Análisis de Rp. Catas Antacaca

- Se visualiza que tiene 6 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superan el LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO₂ en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5%.

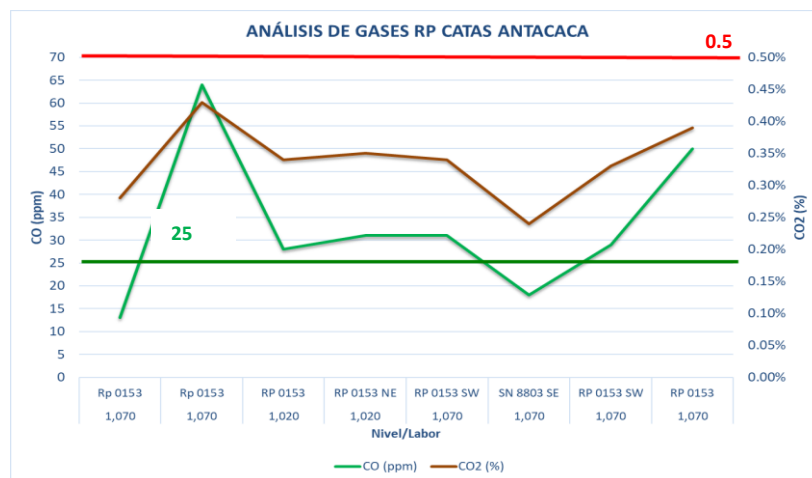


Figura 28 Análisis de gases en la Rp. Catas Antacaca

- **Análisis de Rp. Mascota**

Se visualiza que la RP. Mascota tiene 6 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superan el LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO2 en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5%.

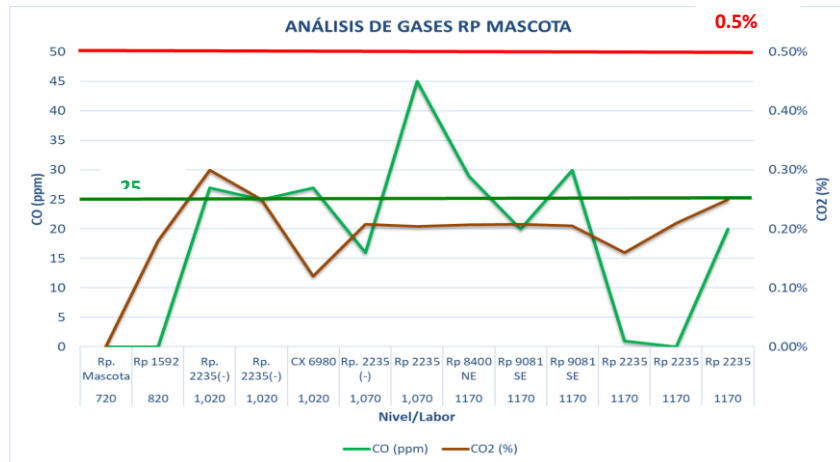


Figura 29. Análisis de gases de la Rp. Mascota

- **Análisis de Rp. Esperanza y Rosaura**

Se visualiza que la RP. Esperanza tiene 6 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superan el LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO2 en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5 %.

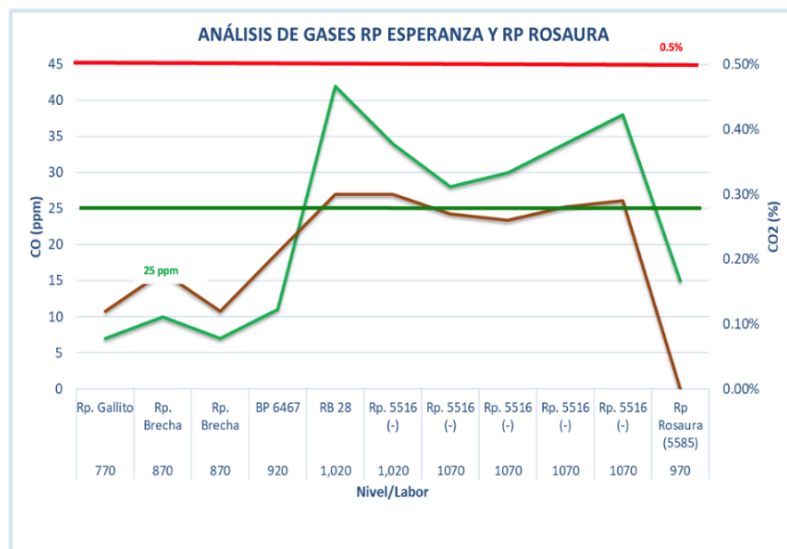


Figura 30 Análisis de gases de la Rp. Esperanza

- **Análisis de NV- 720, 770, 820, 870, 920, 970**

En la gráfica 29 se visualiza que los NV-720, 820 y 970 tiene 5 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superanel LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO2 en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5 %.

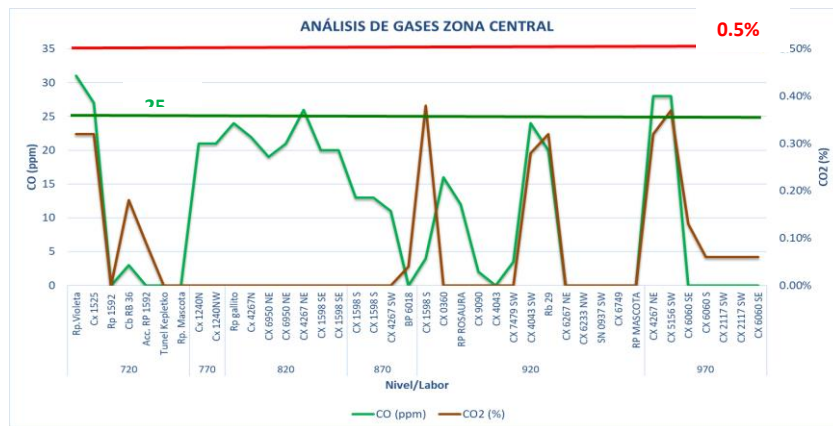


Figura 31 Análisis de gases de los NV- 720, 770, 820, 870, 920 y 970

- **Análisis de NV- 1070 y 1170**

En la gráfica 30 se visualiza que en los NV- 1070 y 1170 tiene 6 puntos de monitoreo con alta concentración de CO que superan el LMP=25ppm, mientras que la concentración de CO2 en los puntos de monitoreo se encuentra por debajo del LMP=0.5 %.

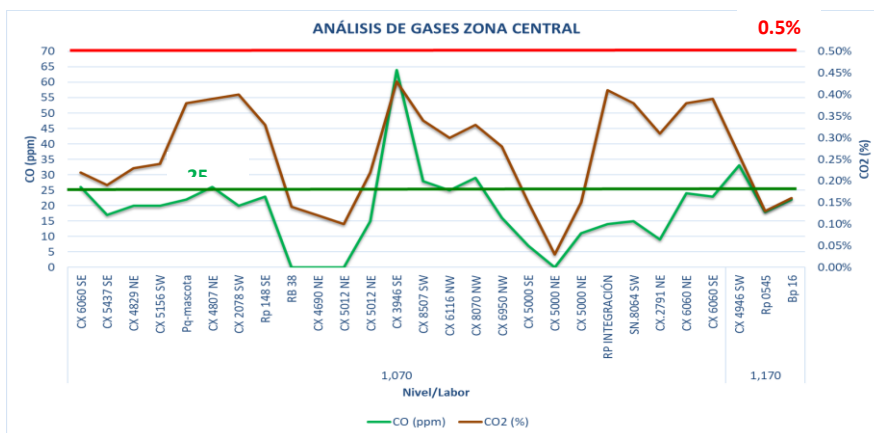


Figura 32 Análisis de gases NV- 1070 y 1170

➤ **Cálculo del requerimiento de caudal de aire**

a) Requerimiento de aire por trabajadores

El requerimiento de aire para el personal se calcula basándose en el Artículo 247 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, que indica que la cantidad de aire requerida por persona es de 6 m³/min cuando la altitud supere los 4,000 msnm. De esta manera se calcula lo que indica en la tabla 9.

Tabla 9. Requerimiento de aire por trabajadores

Personal	Total/gdia	m ³ /min	Q cfm	Distribución%
U.M. Yauricocha	49	294	10,383	17%
ECM Pegama ingenieros SAC	120	720	25,427	41%
Corimayo	75	450	15,892	26%
ING&ARQ	8	48	1,695	3%
R&D	6	36	1,271	2%
RYM	23	138	4,873	8%
Sub total	281	1,686	59,541	97%
Contingencia (3%)	8	51	1,786	3%
Total	289	1,737	61,327	100%

Nota: Información brindada por área de ventilación de U.M. Yauricocha

Q_{Tr} 61,327 cfm

b) Requerimiento de aire por equipos petroleros

Del mismo modo se estimó el requerimiento de aire proyectado para equipos petroleros. De acuerdo a la información proporcionada por la unidad minera y al ANEXO 38 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se calculó un requerimiento de aire por equipos petroleros de 363,214 cfm. Ver Tabla adjunto.

Tabla 10. Requerimiento de caudal de aire actual por equipos petroleros

Nro.	Empresa	Área trabajo	Familia	Pot. nominal HP	DM	FU	FA	Pot. efectiva HP	Req. m³/min	Q Req. m³/min	Q Req. Cfm	Q A. Parc. CFM	%
1		Mina	Robot lanzador	145	0.9	0.45	0.8	46.98	3	140.94	4,977		
2		Mina	Robot lanzador	145	0.95	0.45	0.8	49.04	3	147.12	5,195		
3	RM	Mina	Mixer bajo perfil	138	0.9	0.48	0.8	47.2	3	141.59	5,000		
4		Mina	Mixer bajo perfil	146	0.95	0.67	0.8	73.79	3	221.37	7,817	34,781.44	10%
5		Mina	Mixer bajo perfil	146	0.9	0.66	0.8	69.17	3	207.51	7,328		
6		Mina	Minicargador	71	0.89	0.49	0.8	24.65	3	73.94	2,611		
7		Mina	Telehandler	74	0.85	0.3	0.8	15.1	3	45.29	1,599		
8		Mina	Utilitario	23.87	0.93	0.13	0.8	2.39	3	7.16	253		
1		Mina	Scoop Diesel	185	0.85	0.5	0.8	62.9	3	188.7	6,664		
2		Mina	Scoop Diesel	117	0.86	0.54	0.8	43.09	3	129.28	4,566		
3		Mina	Scoop Diesel	115	0.86	0.56	0.8	44.4	3	133.2	4,704		
4		Mina	Scoop Diesel	165	0.89	0.66	0.8	78.03	3	234.1	8,267		
5		Mina	Scoop Diesel	165	0.82	0.69	0.8	74.2	3	222.59	7,861		
6		Mina	Scoop Diesel	165	0.9	0.64	0.8	75.74	3	227.23	8,024		
7		Mina	Scoop Diesel	165	0.8	0.55	0.8	58.08	3	174.24	6,153		
8		Mina	Scoop Diesel	165	0.87	0.67	0.8	77.05	3	231.15	8,163		
9		Mina	Camión minero	300	0.9	0.85	0.8	183.6	3	550.8	19,451		
10		Mina	Camión Dumpers	300	0.9	0.85	0.8	183.6	3	550.8	19,451		
11		Mina	Camión Dumpers	300	0.9	0.85	0.8	183.6	3	550.8	19,451		
12		Mina	Camión Dumpers	300	0.89	0.57	0.8	122.69	3	368.08	12,998		
13	CIA	Mina	Camión Dumpers	300	0.93	0.6	0.8	135.21	3	405.63	14,325		
14		Mina	Camión Dumpers	300	0.92	0.56	0.8	124.86	3	374.57	13,228		
15		Mina	Vehículo utilitario	22	0.95	0.18	0.8	3.01	3	9.03	319		

16	Mina	Vehículo utilitario	24	0.95	0.2	0.8	3.63	3	10.89	385		
17	Mina	Vehículo utilitario	24	0.9	0.15	0.8	2.59	3	7.78	275		
18	Mina	Vehículo utilitario	24	0.95	0.1	0.8	1.82	3	5.47	193	179,916.50	50%
19	Mina	Vehículo utilitario	24	0.9	0.2	0.8	3.44	3	10.33	365		
20	Mina	Vehículo utilitario	24	0.95	0.16	0.8	2.95	3	8.85	312		
21	Mina	Vehículo utilitario	24	0.86	0.08	0.8	1.38	3	4.13	146		
22	Mina	Vehículo utilitario	24	0.95	0.07	0.8	1.28	3	3.83	135		
23	Mina	Vehículo utilitario	24	0.95	0.1	0.8	1.82	3	5.45	193		
24	Mina	Vehículo utilitario	24	0.95	0.1	0.8	1.82	3	5.45	193		
25	Mina	Minicargador	74.3	0.92	0.5	0.8	27.42	3	82.26	2,905		
26	Mina	Minicargador	74.3	0.83	0.35	0.8	17.35	3	52.04	1,838		
27	Mina	Minicargador	74.3	0.92	0.61	0.8	33.43	3	100.3	3,542		
28	Mina	Camión utilitario	102	0.85	0.4	0.8	27.74	3	83.23	2,939		
29	Mina	Camión utilitario	102	0.85	0.45	0.8	31.21	3	93.64	3,307		
30	Mina	Camión utilitario	102	0.85	0.48	0.8	33.29	3	99.88	3,527		
31	Mina	Telehandler	75	0.85	0.1	0.8	5.1	3	15.3	540		
32	Mina	Telehandler	75	0.85	0.11	0.8	5.61	3	16.83	594		
33	Mina	Jumbo	75	0.95	0.07	0.8	4.04	3	12.12	428		
34	Mina	Jumbo	75	0.86	0.31	0.8	16.24	3	48.71	1,720		
35	Mina	Jumbo	74	0.9	0.17	0.8	9.16	3	27.47	970		

Tabla 11. Requerimiento de caudal de aire actual por equipos petroleros

Nro.	Empresa	Área trabajo	Familia	Pot. nominal HP	DM	FU	FA	Pot. efectiva HP	Req. m ³ /min	Q Req. m ³ /min	Q Req. Cfm	Q A. Parc. CFM	%
1		Mina	Empernador 01	95	0.91	0.24	0.8	16.67	3	50	1,766		
2		Mina	Empernador 02	95	0.92	0.1	0.8	7.01	3	21.03	743		
3		Mina	Empernador 03	95	0.83	0.25	0.8	15.86	3	47.59	1,681		
4		Mina	Jumbo Quasar 01	95	0.92	0.24	0.8	16.63	3	49.89	1,762		
5		Mina	Jumbo Quasar 02 (HYSER)	95	0.92	0.24	0.8	16.63	3	49.89	1,762		
6		Mina	Jumbo Quasar 03	95	0.93	0.25	0.8	17.91	3	53.73	1,898		
7		Mina	Jumbo Quasar 04 (HYSER)	95	0.83	0.26	0.8	16.15	3	48.45	1,711		
8		Mina	Jumbo Orión 06	95	0.92	0.23	0.8	16.22	3	48.66	1,719		
9	Pegama	Mina	Muki 01	73	0.89	0.22	0.8	11.58	3	34.73	1,227		
10		Mina	Muki 02	73	0.9	0.22	0.8	11.55	3	34.65	1,224		
11		Mina	Cargador de bajo perfil N° 1	165	0.85	0.16	0.8	17.72	3	53.15	1,877		
12		Mina	Cargador de bajo perfil N° 2	165	0.85	0.71	0.8	79.3	3	237.91	8,402	94,837.14	26%
13		Mina	Cargador de bajo perfil N° 3	165	0.85	0.71	0.8	79.17	3	237.5	8,387		
14		Mina	Cargador de bajo perfil N° 4	115	0.85	0.45	0.8	35.56	3	106.67	3,767		
15		Mina	Cargador de bajo perfil N° 5	165	0.85	0.61	0.8	68.08	3	204.25	7,213		
16		Mina	Cargador de bajo perfil N° 6 (RST	100	0.85	0.65	0.8	44.21	3	132.64	4,684		
17		Mina	Cargador de bajo perfil N° 7	165	0.85	0.7	0.8	78.72	3	236.16	8,340		
18		Mina	Cargador de bajo perfil N° 8	165	0.85	0.72	0.8	80.31	3	240.93	8,508		
19		Mina	Cargador de bajo perfil N° 9 (CEFA	165	0.85	0.6	0.8	67.39	3	202.16	7,139		
20		Mina	Cargador de bajo perfil N° 10 47	165	0.85	0.7	0.8	78.32	3	234.95	8,297		

21		Mina	Cargador de bajo perfil N° 11 48	165	0.85	0.7	0.8	78.76	3	236.29	8,345		
22		Mina	Camión utilitario	95	0.95	0.47	0.8	34.2	3	102.6	3,623		
23		Mina	Moto N° 1	24.1	0.93	0.14	0.8	2.51	3	7.52	266		
24		Mina	Moto N° 2	24.1	0.92	0.14	0.8	2.39	3	7.17	253		
25		Mina	Moto N° 3	24.1	0.93	0.13	0.8	2.32	3	6.96	246		
1		Mina	Jumbo	95	0.89	0.22	0.8	15.13	3	45.38	1,603		
2		Mina	Jumbo	95	0.89	0.22	0.8	15.19	3	45.56	1,609		
3	Corimayo	Mina	Jumbo	95	0.89	0.25	0.8	17.17	3	51.52	1,819		
4		Mina	Scoop Diesel	165	0.86	0.6	0.8	68.45	3	205.34	7,252		
5		Mina	Scoop Diesel	165	0.84	0.6	0.8	66.71	3	200.14	7,068	29,981.47	8%
6		Mina	Scoop Diesel	165	0.86	0.6	0.8	68.06	3	204.17	7,210		
7		Mina	Empernador	95	0.9	0.21	0.8	14.35	3	43.06	1,521		
8		Mina	Empernador	95	0.89	0.2	0.8	13.42	3	40.27	1,422		
9		Mina	Vehículo	45	0.93	0.14	0.8	4.52	3	13.56	479		
1		Mina	Camión minero	182	0.86	0.6	0.8	75.31	3	225.94	7,979		
2	R&D	Mina	camino Dumpers	182	0.86	0.61	0.8	76.19	3	228.56	8,071	23,697.60	7%
3		Mina	camino Dumpers	182	0.85	0.59	0.8	72.18	3	216.55	7,647		
				9481.07				3428.38	Total	10285.13	363214	363214.14	100%

c) Requerimiento de aire por temperatura en las labores

Según el análisis realizado después del levantamiento de campo de velocidades y T° se encontraron 0 niveles con temperaturas por encima de los 23°C, según el reglamento se debe considerar el número de niveles:

Tabla 12. Requerimiento de aire por temperatura

Velocidad mínima	
Temperatura seca (°)	Velocidad mínima (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

Descripción	Valor	Unid.
Temperatura °C	17.0	°C
# Niveles	0	> 23 °C
Velocidad mínima	0	m/min
Área promedio	11.6	m2

$$Q_{Te} = 0 \text{ cfm}$$

d) Requerimiento de aire por consumo de madera

Acogiéndose a la norma vigente D.S. 024-2016-EM y su modificatoria según el D.S. N°023-2017-EM. Artículo 252, inciso d) La madera empleada al interior de la mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO₂ y CH₄, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor se determina de manera proporcional a la producción.

Según el D.S 024-2016-EM, Art. 252, inciso d, para el cálculo debe considerarse la siguiente escala:

- Si el consumo de madera es de 20 % hasta el 40% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 0.60 m³/min.
- Si el consumo de madera es de 41 % hasta el 70 % del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.
- Si el consumo de madera es mayor de 70% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.

Tabla 13. Requerimiento por consumo de madera

	Cantidad	Unid.
Producción	2000	TMH/GDA
Consumo	1.6	TN/GDA

0.08% Factor de producción igual a 0

$$Q_{Ma} = 120000 \text{ TMH/mes} * 0.00 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{Ma} = 0.00 \text{ cfm}$$

e) Requerimiento de aire por consumo de explosivo

No se considera debido a que el requerimiento de aire por el consumo de equipos petroleros es de mayor incidencia.

f) requerimiento de aire por fugas

Para el cálculo de requerimiento de aire por fugas, se procede a multiplicar el 15% la sumatoria de requerimiento por personal, consumo de madera, temperatura y equipos petroleros.

Tabla 14. Requerimiento de aire actual por fugas

Q_{Tr}	=	61,327	cfm
Q_{Ma}	=	0	cfm
Q_{Te}	=	0	cfm
Q_{Eq}	=	363,214	cfm
Sub Total			cfm
	$Q_{fu} =$	63681	cfm

g) Requerimiento de aire global

Para el cálculo del requerimiento global de aire actual, se obtuvo 516,514 cfm para el sistema de ventilación de Sociedad Minera Corona.

Distribución requerimientos	m ³ /min	cfm	%
QTr: Personal (289 trabajadores)	1737	61327	13%
QMa: Consumo de madera (<20%)	0	0	0%
QTe: Temperatura en labores (>23°C) 0 niveles	0	0	0%
QEq Equipos Diesel (82 equipos; 3428 HP)	1285	363214	74%
Caudal requerido QT1 = QTr+QMa+QTe+QEq	12022	424541	-
QFu: caudal requerido por fugas (15%*Qto)	1803	63681	13%
Caudal requerido QTo = QT1 + QFu	13825	488222	100%

Nota: No se considera el requerimiento por explosivo, por ser menor a requerimiento Diesel

Distribuyéndose de la siguiente manera:

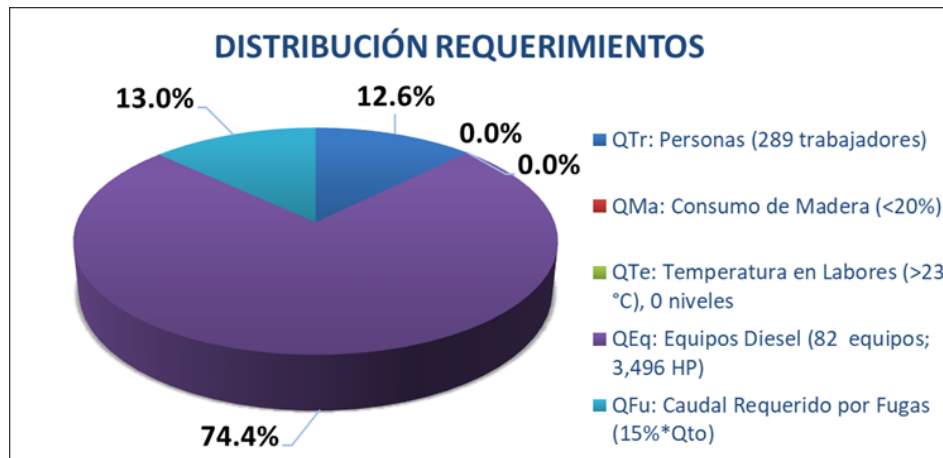


Figura 33. Distribución del requerimiento de aire actual

e) Balance de ventilación actual

• Balance y cobertura actual

Actualmente, Sociedad Minera Corona S.A. se encuentra con un requerimiento total de aire de 488,222 cfm, y una cobertura del 60%, obteniéndose así un déficit de 197,321 cfm.

Considerando el aire requerido de acuerdo al D.S. 023-2017 EM en su artículo 252, la cobertura actual del sistema de ventilación global es de:

Tabla 15. Balance y cobertura actual

Balance total de aire		
Caudal de aire	m ³ /min	cfm
Total de aire requerido	13,825	488,222
Ingreso de aire	8,237	290,901
Salida de aire	8,909	314,633
Cobertura (%)		60%
Déficit (-)		-197,321

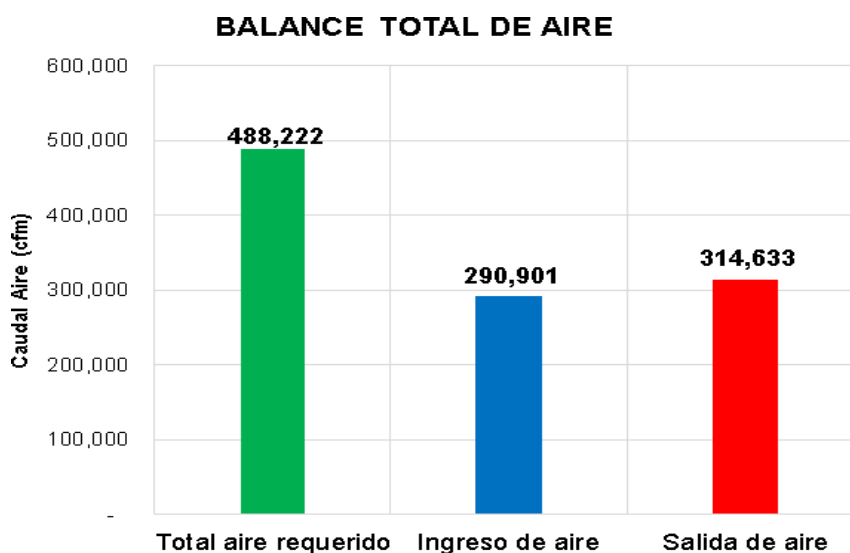


Figura 34. Distribución del Balance de aire actual

f) Cálculo de requerimiento de aire por zona

✓ **Zona II**

• **Requerimiento por personal**

El requerimiento de aire para el personal se calcula basándose en el Artículo 247 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, que indica que la cantidad de aire requerida por persona es de 6 m³/min cuando la altitud supere los 4,000 m s. n. m. De esta manera se calcula lo que indica en la tabla siguiente:

Tabla 16. Requerimiento de aire por personal en Zona II

Personal	Total/gdía	m ³ /min	Q cfm	Distribución %
U.M. Yauricocha	49	294	10383	34 %
ECMPegama ingenieros SAC	40	240	8476	28%
Corimayo	37	222	7840	26%
ING & ARQ	3	18	636	2%
R&D	2	12	424	1%
RYM	8	48	1695	6%
Sub total	139	834	29452	97%
Contingencias	4	25	884	3%
Total	143	859	30336	100%

QTr)= 30336 cfm

Tomado del Área de Ventilación U.M. Yauricocha

•Requerimiento de aire por equipos petroleros

Del mismo modo se estimó el requerimiento de aire proyectado para equipos petroleros de acuerdo a la información proporcionada por la unidad minera y al ANEXO 38 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se calculó un requerimiento de aire por equipos petroleros de 110,091.96 cfm.

Tabla 17. Requerimiento de caudal de aire por equipos petroleros en Zona II

Nro.	Empresa	Familia	Pot. nominal HP	DM	FU	FA	Pot. efectiva HP	Req. m³/min	Q Req. m3/min	Q Req. Cfm	Q A. Parc. CFM	%
2	R&M	Robot lanzador	145.0	0.95	0.45	0.8	49.04	3	147.12	5195	14,658.81	13%
3		Mixer bajo perfil	138.0	0.90	0.48	0.8	47.2	3	141.6	5000		
6		Minicargador	71.0	0.89	0.49	0.8	24.65	3	73.95	2611		
7		Telehandler	74.0	0.85	0.30	0.8	15.1	3	45.3	1599		
8		Utilitario	23.9	0.93	0.13	0.8	2.39	3	7.17	253		
9		Scoop Diesel	185.0	0.85	0.50	0.8	62.90	3	188.7	6664		
15		Scoop Diesel	165.0	0.80	0.55	0.8	58.08	3	174.24	6153		
22		Camión Dumpers	300.0	0.92	0.26	0.8	124.86	3	374.58	13228		
23		Vehículo utilitario	22.0	0.95	0.18	0.8	3.01	3	9.03	319		
30		Vehículo utilitario	24.0	0.95	0.07	0.8	1.25	3	3.75	135		
31		Vehículo utilitario	24.0	0.95	0.10	0.8	1.82	3	5.46	193		
32	CIA	Vehículo utilitario	24.0	0.95	0.10	0.8	1.82	3	5.46	193	39043.2	35%
33		Minicargador	74.3	0.92	0.50	0.8	27.42	3	82.26	2905		
34		Minicargador	74.3	0.83	0.35	0.8	17.35	3	52.05	1838		
38		Camión utilitario	102.0	0.85	0.48	0.8	33.29	3	99.87	3527		
39		Telehandler	75.0	0.85	0.10	0.8	5.10	3	15.30	540		
40		Telehandler	75.0	0.85	0.11	0.8	5.61	3	16.83	594		
43		Jumbo	74.0	0.90	0.17	0.8	9.16	3	27.48	970		
44		Jumbo	75.0	0.85	0.33	0.8	16.84	3	50.52	1785		
46	Pegama	Empernador 01	95.0	0.91	0.24	0.8	16.67	3	50.01	1766	28768.93	26%
49		Jumbo Quasar 01	95.0	0.92	0.24	0.8	16.63	3	49.89	1762		

50		Jumbo Quasar 02 (HYSER)	95.0	0.92	0.24	0.8	16.63	3	49.89	1762			
54		Muki 01	73.0	0.89	0.22	0.8	11.58	3	34.73	1227			
55		Muki 02	73.0	0.9	0.22	0.8	11.55	3	34.65	1224			
65		Cargador de bajo perfil N° 10 47	165.0	0.85	0.70	0.8	78.32	3	234.95	8297			
66		Cargador de bajo perfil N° 11 48	165.0	0.85	0.70	0.8	78.76	3	236.29	8345			
67		Camión utilitario	95.0	0.95	0.47	0.8	34.20	3	102.60	3623			
68		Moto N° 1	24.1	0.93	0.14	0.8	2.51	3	7.52	266			
69		Moto N° 2	24.1	0.92	0.14	0.8	2.39	3	7.17	253			
70		Moto N° 3	24.1	0.93	0.13	0.8	2.32	3	6.96	246			
71		Jumbo	95.0	0.89	0.22	0.8	15.13	3	45.38	1603			
73		Jumbo	95.0	0.89	0.25	0.8	17.17	3	51.52	1819			
74	Corimayo	Scoop Diesel	165.0	0.86	0.60	0.8	68.45	3	205.34	7252	19.642.12	18%	
75		Scoop Diesel	165.0	0.84	0.60	0.8	66.71	3	200.14	7068			
78		Empernador	95.0	0.89	0.20	0.8	13.42	3	40.27	1422			
79		Vehículo	45.0	0.93	0.14	0.8	4.52	3	13.56	479			
80	R&Q	Camión minero	182.0	0.86	0.60	0.8	75.31	3	225.94	7979	7978.9	7.00%	
									Total	2335.33	110091.96	110091.96	100%

- **Requerimiento de aire por temperatura en las labores**

Según el análisis realizado después del levantamiento de campo de velocidades y T° se encontraron 0 niveles con temperaturas por encima de los 23°C, según el reglamento se debe considerar el número de niveles:

Tabla 18. Requerimiento de aire por temperatura en Zona II

Velocidad mínima		
Temperatura seca (°)	Velocidad mínima (m/min)	
< 24	0.00	
24 a 29	30.00	
Descripción	Valor	Unid.
Temperatura °C	17.0	°C
# Niveles	0	> 23 °C
Velocidad mínima	0	m/min
Área promedio	11.6	m ²

$Q_{Te} = 0 \text{ cfm}$

- **Requerimiento de aire por consumo de madera**

Acogiéndose a la norma vigente D.S. 024-2016-EM y su modificatoria según el D.S. N°023-2017-EM

Artículo 252, inciso d) La madera empleada al interior de la mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO₂ y CH₄, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor se determina de manera proporcional a la producción.

Según el D.S 024-2016-EM, Art. 252, inciso d, para el cálculo debe considerarse la siguiente escala:

- Si el consumo de madera es de 20 % hasta el 40 % del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 0.60 m³/min.
- Si el consumo de madera es de 41 % hasta el 70 % del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.
- Si el consumo de madera es mayor de 70% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.

Tabla 19. Requerimiento por consumo de madera en Zona II

	Cantidad	Unid.
Producción	2000	TMH/GDA
Consumo	1.6	TN/GDA
0.08%	Factor de producción igual a 0	

$$Q_{Ma} = 120000 \text{ TMH/mes} * 0.00 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$Q_{Ma} = 0.00 \text{ cfm}$$

- **Requerimiento de aire por consumo de explosivo**

No se considera debido a que el requerimiento de aire por el consumo de equipos petroleros es de mayor incidencia.

- **Requerimiento de aire por fugas**

Para el cálculo de requerimiento de aire por fugas, se procede a multiplicar el 15 % la sumatoria de requerimiento por personal, consumo de madera, temperatura y equipos petroleros.

Tabla 20. Requerimiento de aire actual por fugas en Zona II

Q_{Tr}	=	30336	cfm
Q_{Ma}	=	0	cfm
Q_{Te}	=	0	cfm
Q_{Eq}	=	110092	cfm
Sub Total		140428	cfm
	$Q_{fu} =$	21034	cfm

- **Requerimiento de aire global**

Para el cálculo del requerimiento global de aire actual, se obtuvo 161,492 CFM para el sistema de ventilación de Sociedad Minera Corona.

Tabla 21. Requerimiento global de air actual en zona

Distribución requerimientos	m ³ /min	cfm	%
QTr: Personal (143 trabajadores)	8597	30336	19%
QMa: Consumo de madera (<20%)	0	0	0%
QTe: Temperatura en labores (>23%) 0 niveles	0	0	0%
QEq Equipos Diesel (37 equipos; 780 HP)	2335	110092	68%
Caudal requerido QT1 = QTr+QMa+QTe+QEq	3194	140428	-
QFu: caudal requerido por fugas (15%*Qto)	596	21064	13%
Caudal requerido QTo = QT1 + QFu	4573	161492	100%

Nota: No se considera el requerimiento por explosivo, por ser menor a requerimiento Diesel

Distribuyéndose de la siguiente manera:

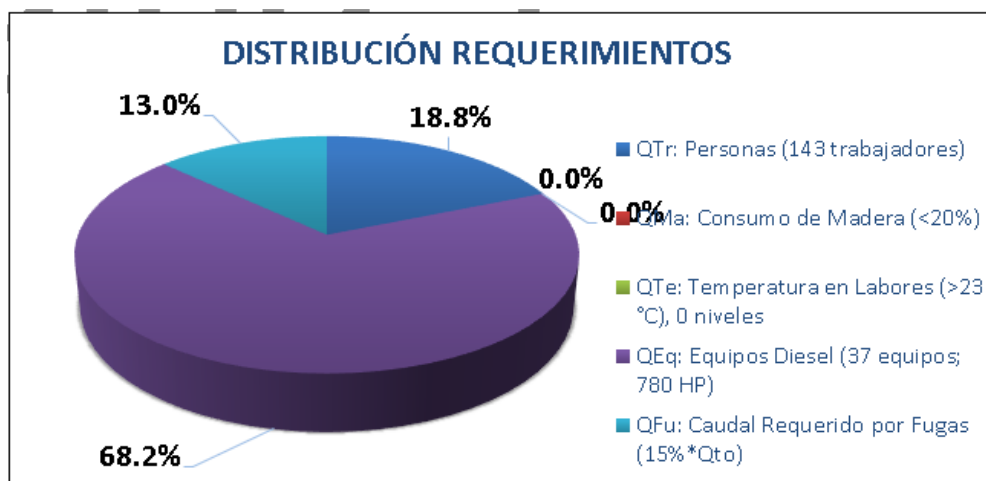


Figura 35. Distribución del requerimiento de aire actual en Zona II

- **Balance y cobertura actual**

Actualmente Sociedad Minera Corona S.A., se encuentra con un requerimiento total de aire en la Zona III de 161,492 cfm, y una cobertura del 59 %, obteniéndose así un déficit de 66,138 cfm.

Considerando el aire requerido de acuerdo al D.S. 023-2017 EM en su artículo 252, la cobertura actual del sistema de ventilación global es de:

Balance total de aire		
Caudal de aire	m3/min	cfm
Total aire requerido	4573	161492
Ingreso de aire	2700	95354
Salida de aire	8896	100400
Cobertura (%)	59%	
Déficit cfm	-66138	

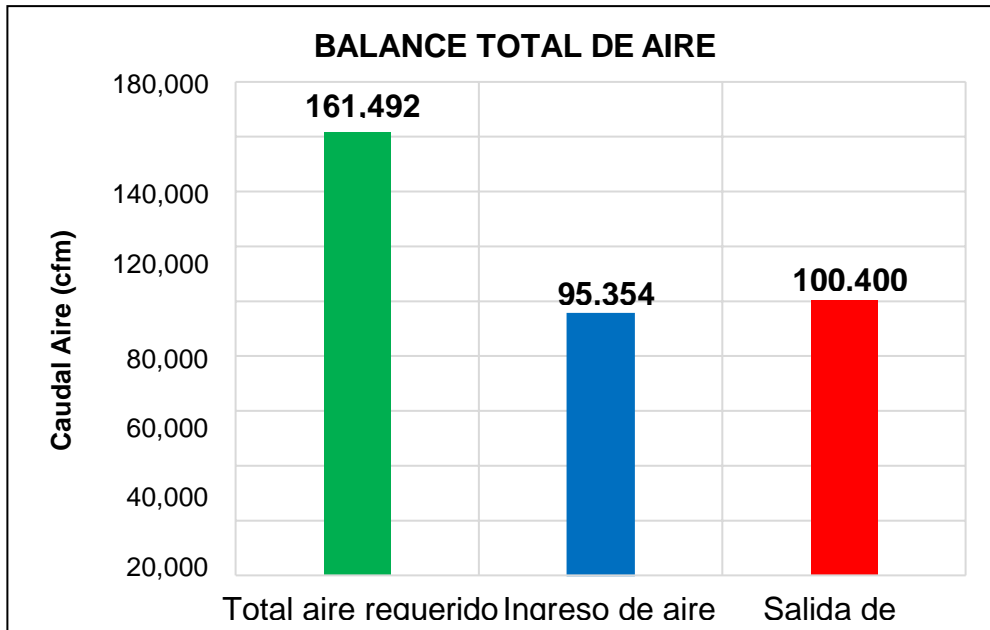


Figura 34. Distribución del Balance de aire actual en Zona II

✓ **Zona III**

• **Requerimiento por personal**

El requerimiento de aire para el personal se calcula basándose en el Artículo 247 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, que indica que la cantidad de aire requerida por persona es de 6 m³/min cuando la altitud supere los 4,000 m s. n. m. De esta manera se calcula lo que indica en la tabla 1

Tabla 23. Requerimiento de aire por personal en Zona III

Personal	Total/gdia	m ³ /min	Q cfm	Distribución %
U.M. Yauricocha	49	294	10383	48 %
ECM Pegama ingenieros SAC	40	240	8476	39%
Corimayo	0	0	0	0%
ING & ARQ	2	12	424	2%
R&D	2	12	424	2%
RYM	7	42	1483	7%
Sub total	100	600	21189	97%
Contingencias	3	18	636	3%
Total	103	618	21824	100%

QTr)= 21824 cfm

Tomado del Área de Ventilación U.M. Yauricocha

- **Requerimiento de aire por equipos petroleros**

Del mismo modo, se estimó el requerimiento de aire proyectado para equipos petroleros. De acuerdo a la información proporcionada por la unidad minera y al ANEXO 38 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se calculó un requerimiento de aire por equipos petroleros de 74,266 cfm.

Tabla 24. Requerimiento de caudal de aire por equipos petroleros en Zona III

Nro.	Empresa	Familia	Pot. efectiva HP	Req. m ³ /min (1500 a 3000 m s. n. m.)	Q Req. m ³ /min	Q Req. Cfm	Q A. Parc. CFM	%
2		Robot lanzador	49.04	3	147.12	5195		
3	R&M	Mixer bajo perfil	47.20	3	141.60	5000	12,806.51	17%
6		Minicargador	24.65	3	73.95	2611		
32	CIA	Vehículo utilitario	1.82	3	5.45	193	620.54	1%
41		Jumbo	4.04	3	12.12	428		
48		Empernador 03	15.86	3	47.58	1681		
51		Jumbo Quasar 03	17.91	3	53.73	1898		
54		Muki 01	11.58	3	34.74	1227		
55		Muki 02	11.58	3	34.74	1224		
56		Cargador de bajo perfil N° 1	17.72	3	53.16	1877		
58	Pegama	Cargador de bajo perfil N° 3	79.17	3	237.51	8387	37141.35	50%
59		Cargador de bajo perfil N° 4	35.56	3	106.68	3767		
61		Cargador de bajo perfil N° 6 (RST)	44.21	3	132.63	4684		
63		Cargador de bajo perfil N° 8	80.31	3	240.93	8508		
67		Camión utilitario	34.20	3	102.60	3623		
68		Moto N° 1	2.51	3	7.53	266		
80		Camión minero	75.31	3	225.93	7.979		
81	R&Q	Camión Dampers	76.19	3	228.57	8.071	23697.6	32.00%
82		Camión Dampers	72.18	3	216.54	7.647		
Total					1431.94	74266.00	74266.00	100%

- **Requerimiento de aire por temperatura en las labores**

Según el análisis realizado después del levantamiento de campo de velocidades y T° se encontraron 0 niveles con temperaturas por encima de los 23°C, según el reglamento se debe considerar el número de niveles:

Velocidad mínima	
Temperatura seca (°)	Velocidad mínima (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

- **Requerimiento de aire por consumo de madera**

Acogiéndose a la norma vigente D.S. 024-2016-EM y su modificatoria según el D.S. N° 023-2017-EM

Artículo 252, inciso d) La madera empleada al interior de la mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO₂ y CH₄, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor se determina de manera proporcional a la producción. Según el D.S 024-2016-EM, Art. 252, inciso d, para el cálculo debe considerarse la siguiente escala:

- Si el consumo de madera es de 20% hasta el 40% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 0.60 m³/min.
- Si el consumo de madera es de 41% hasta el 70% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.
- Si el consumo de madera es mayor de 70% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.

Tabla 25. Requerimiento por consumo de madera en Zona III

	Cantidad	Unid.
Producción	2000	TMH/GDA
Consumo	1.6	TN/GDA

0.08% Factor de producción igual a 0

$$Q_{Ma} = 120000 \text{ TMH/mes} * 0.00 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$Q_{Ma} = 0.00 \text{ cfm}$$

- **Requerimiento de aire por consumo de explosivo.**

No se considera debido a que el requerimiento de aire por el consumo de equipos petroleros es de mayor incidencia.

- **Requerimiento de aire por fugas.**

Para el cálculo de requerimiento de aire por fugas, se procede a multiplicar el 15 % la sumatoria de requerimiento por personal, consumo de madera, temperatura y equipos petroleros.

Tabla 26. Requerimiento de aire actual por fugas en Zona III

Q _{Tr}	=	21824	cfm
Q _{Ma}	=	0	cfm
Q _{Te}	=	0	cfm
Q _{Eq}	=	74266	cfm
Sub Total		96090	cfm
Q _{fu} (15%)	=	14414	cfm

- **Requerimiento de aire global**

Para el cálculo del requerimiento global de aire actual, se obtuvo 110,504 CFM para el sistema de ventilación de Sociedad Minera Corona.

Tabla 27. Requerimiento global de aire actual en Zona III

Distribución requerimientos	m ³ /min	cfm	%
Q _{Tr} : Personal (143 trabajadores)	618	21824	20%
Q _{Ma} : Consumo de madera (<20%)	0	0	0%
Q _{Te} : Temperatura en labores (>23%) 0 niveles	0	0	0%
Q _{Eq} Equipos Diesel (37 equipos; 780 HP)	1432	74266	67%
Caudal requerido QT1 = Q _{Tr} +Q _{Ma} +Q _{Te} +Q _{Eq}	2050	96090	-
Q _{Fu} : caudal requerido por fugas (15%*Q _{to})	108	14414	13%
Caudal requerido Q _{To} = QT1 + Q _{Fu}	3129	110504	100%

Nota: No se considera el requerimiento por explosivo, por ser menor a requerimiento Diesel

Distribuyéndose de la siguiente manera:

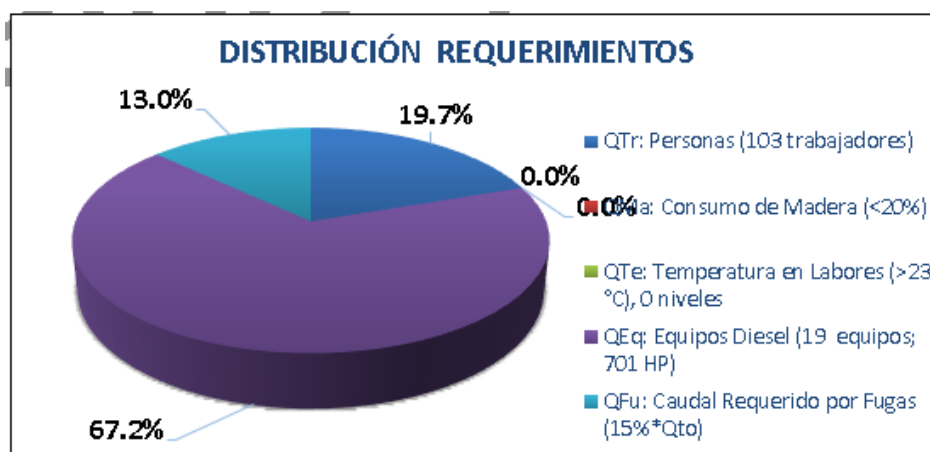


Figura 36. Distribución del requerimiento de aire actual en Zona III

- **Balance y cobertura actual**

Actualmente Sociedad Minera Corona S.A., se encuentra con un requerimiento total de aire en la zona Central de 110,504 cfm, y una cobertura del 114%, obteniéndose así un superávit de 15,324 cfm.

Considerando el aire requerido de acuerdo al D.S. 023-2017 EM en su artículo 252, la cobertura actual del sistema de ventilación global es de:

Tabla 28. Balance y Cobertura actual en Zona III

Balance total de aire		
Caudal de aire	m ³ /min	cfm
Total aire requerido	3129	110504
Ingreso de aire	3563	125828
Salida de aire	8896	137872
Cobertura (%)	114%	
Superávit cfm	15324	

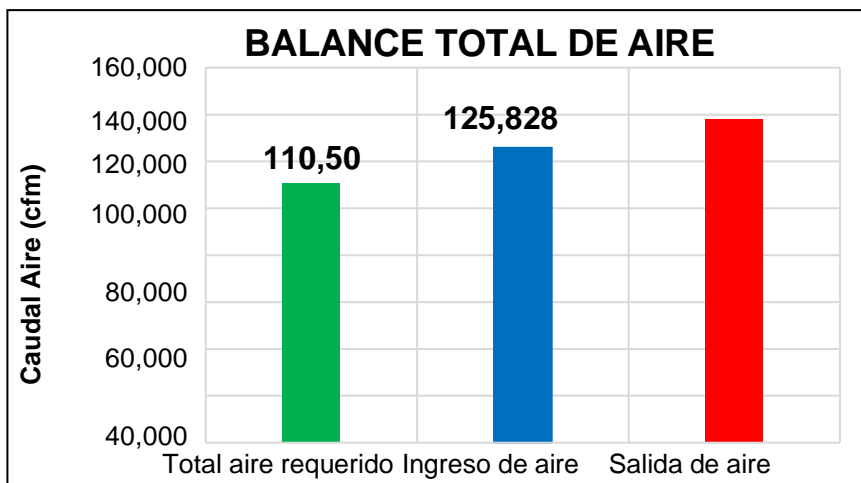


Figura 37. Distribución del Balance de aire actual en Zona III

✓ **Zona V**

• **Requerimiento por personal**

El requerimiento de aire para el personal se calcula basándose en el Artículo 247 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, que indica que la cantidad de aire requerida por persona es de 6 m³/min cuando la altitud supere los 4,000 m s. n. m.

Tabla 29. Requerimiento de aire por personal en Zona V

Personal	Total/gdia	m ³ /min	Q cfm	Distribución %
U.M. Yauricocha	49	294	10383	30 %
ECM Pegama ingenieros SAC	40	360	12713	36%
Corimayo	38	228	8052	23%
ING & ARQ	3	18	636	2%
R&D	2	12	424	1%
RYM	8	48	16953	5%
Sub total	160	960	33902	97%
Contingencias	5	29	1017	3%
Total	165	989	34919	100%
		QTr)=	34919 cfm	

Tomado del Área de Ventilación U.M. Yauricocha

• **Requerimiento de aire por equipos petroleros**

Del mismo modo se estimó el requerimiento de aire proyectado para equipos petroleros. De acuerdo a la información proporcionada por la unidad minera y al ANEXO 38 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Se calculó un requerimiento de aire por equipos petroleros de 88,350 cfm.

Tabla 30. Requerimiento de caudal de aire por equipos petroleros en Zona V

Item	EMPRESA	FAMILIA	FA	POT. EFECTIV A HP	Req. m ³ /min (1500 a 3000 msnm)	Q Req. m ³ /min	Q Req. Cfm	Q A. Parc. Cfm	%
9	CIA	SCOOP DIESEL	0.80	62.90	3	188.70	6,664	76,290.05	86%
11		SCOOP DIESEL	0.80	44.40	3	133.20	4,704		
13		SCOOP DIESEL	0.80	74.20	3	222.59	7,861		
18		CAMION DUMPER	0.80	183.60	3	550.80	19,451		
20		CAMION DUMPER	0.80	122.69	3	368.08	12,998		
21		CAMION DUMPER	0.80	135.21	3	405.63	14,325		
24		VEHICULO UTILITARIO	0.80	3.63	3	10.89	385		
25		VEHICULO UTILITARIO	0.80	2.59	3	7.78	275		
26		VEHICULO UTILITARIO	0.80	1.82	3	5.47	193		
28		VEHICULO UTILITARIO	0.80	2.95	3	8.85	312		
30		VEHICULO UTILITARIO	0.80	1.28	3	3.83	135		
31		VEHICULO UTILITARIO	0.80	1.82	3	5.45	193		
32		VEHICULO UTILITARIO	0.80	1.82	3	5.45	193		
34		MINICARGADOR	0.80	17.35	3	52.04	1,838		
36		CAMION UTILITARIO	0.80	27.74	3	83.23	2,939		
39		TELEHANDLER	0.80	5.10	3	15.30	540		
40		TELEHANDLER	0.80	5.61	3	16.83	594		
42		JUMBO	0.80	16.24	3	48.71	1,720		
43		JUMBO	0.80	9.16	3	27.47	970		
72		CORIMAYO	JUMBO	0.80	15.19	3	45.56		
73	JUMBO		0.80	17.17	3	51.52	1,819		
76	SCOOP DIESEL		0.80	68.06	3	204.17	7,210		
78	EMPERNADOR		0.80	13.42	3	40.27	1,422		
TOTAL						2160.30	88,350	88,350.32	100%

- **Requerimiento de aire por temperatura en las labores**

Según el análisis realizado después del levantamiento de campo de velocidades y T° se encontraron 0 niveles con temperaturas por encima de los 23°C, según el reglamento se debe considerar el número de niveles.

Tabla 31. Requerimiento de aire por temperatura en Zona V

Velocidad mínima	
Temperatura seca (°)	Velocidad mínima (m/min)
< 24	0.00
24 a 29	30.00

- **Requerimiento de aire por consumo de madera.**

Acogiéndose a la norma vigente D.S. 024-2016-EM y su modificatoria según el D.S. N° 023-2017-EM Artículo 252, inciso d) La madera empleada al interior de la mina para labores de sostenimiento, entre otras, genera emisiones de gases de CO₂ y CH₄, factor que debe ser tomado en cuenta para el cálculo del aire necesario al interior de la mina. Este factor se determina de manera proporcional a la producción.

Según el D.S 024-2016-EM, Art. 252, inciso d, para el cálculo debe considerarse la siguiente escala:

- Si el consumo de madera es de 20% hasta el 40% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 0.60 m³/min.
- Si el consumo de madera es de 41% hasta el 70% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.
- Si el consumo de madera es mayor de 70% del total de la producción, el factor de producción debe de ser de 1.0 m³/min.

Tabla 32. Requerimiento por consumo de madera en Zona V

	Cantidad	Unid.
Producción	2000	TMH/GDA
Consumo	1.6	TN/GDA
0.08%	Factor de producción igual a 0	

$$Q_{Ma} = 120000 \text{ TMH/mes} * 0.00 \text{ m}^3/\text{min.}$$

$$Q_{Ma} = 0.00 \text{ cfm}$$

- **Requerimiento de aire por consumo de explosivo**

No se considera debido a que el requerimiento de aire por el consumo de equipos petroleros es de mayor incidencia.

- **Requerimiento de aire por fugas.**

Para el cálculo de requerimiento de aire por fugas, se procede a multiplicar el 15 % la sumatoria de requerimiento por personal, consumo de madera, temperatura y equipos petroleros.

Tabla 33. Requerimiento de aire actual por fugas en Zona V

Q_{Tr}	=	34919	cfm
Q_{Ma}	=	0	cfm
Q_{Te}	=	0	cfm
Q_{Eq}	=	88350	cfm
Sub Total		123269	cfm
	$Q_{fu} =$	18490	cfm

- **Requerimiento de aire global**

Para el cálculo del requerimiento global de aire actual, se obtuvo 141,760 CFM para el sistema de ventilación de Sociedad Minera Corona.

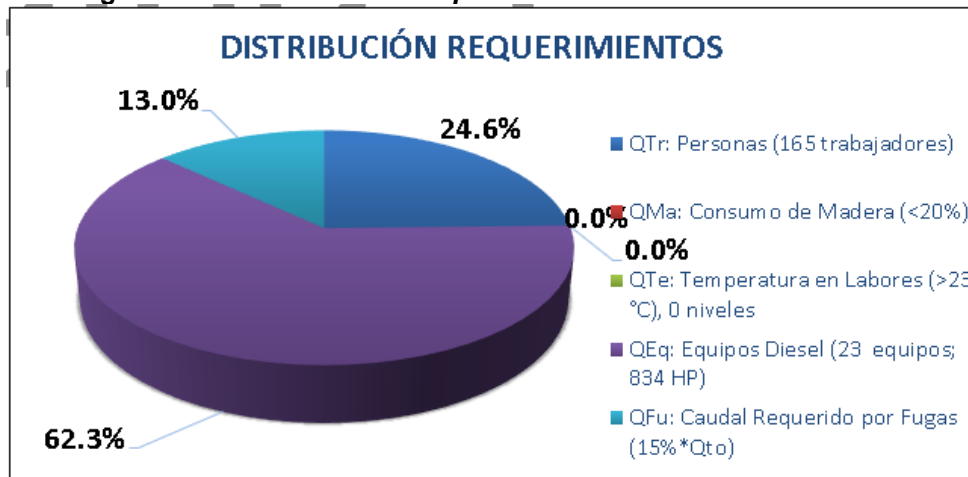
Tabla 34. Requerimiento global de aire actual en Zona V

Distribución requerimientos	m ³ /min	cfm	%
QTr: Personal (165 trabajadores)	989	34919	25%
QMa: Consumo de madera (<20%)	0	0	0%
QTe: Temperatura en labores (>23°C) 0 niveles	0	0	0%
QEq Equipos Diesel (23 equipos; 780 HP)	2160	88350	62%
Caudal requerido QT1 = QTr+QMa+QTe+QEq	3149	123269	-
QFu: caudal requerido por fugas (15%*Qto)	524	18490	13%
Caudal requerido QTo = QT1 + QFu	4014	141760	100%

Nota: No se considera el requerimiento por explosivo, por ser menor a requerimiento Diesel

Distribuyéndose de la siguiente manera:

Figura 38. Distribución del requerimiento de aire actual en Zona V



- **Balance y cobertura actual.**

Actualmente Sociedad Minera Corona S.A., se encuentra con un requerimiento total de aire en la zona Cachi Cachi de 141,760 cfm, y una cobertura del 49%, obteniéndose así un déficit de 72,719 cfm.

Considerando el aire requerido de acuerdo al D.S. 023-2017 EM en su artículo 252, la cobertura actual del sistema de ventilación global es de:

Tabla 35. Balance y Cobertura actual en Zona V

Balance total de aire		
Caudal de aire	m3/min	cfm
Total aire requerido	4014	141760
Ingreso de aire	1955	69041
Salida de aire	8896	76361
Cobertura (%)	49%	
Déficit cfm	-72719	

BALANCE TOTAL DE AIRE

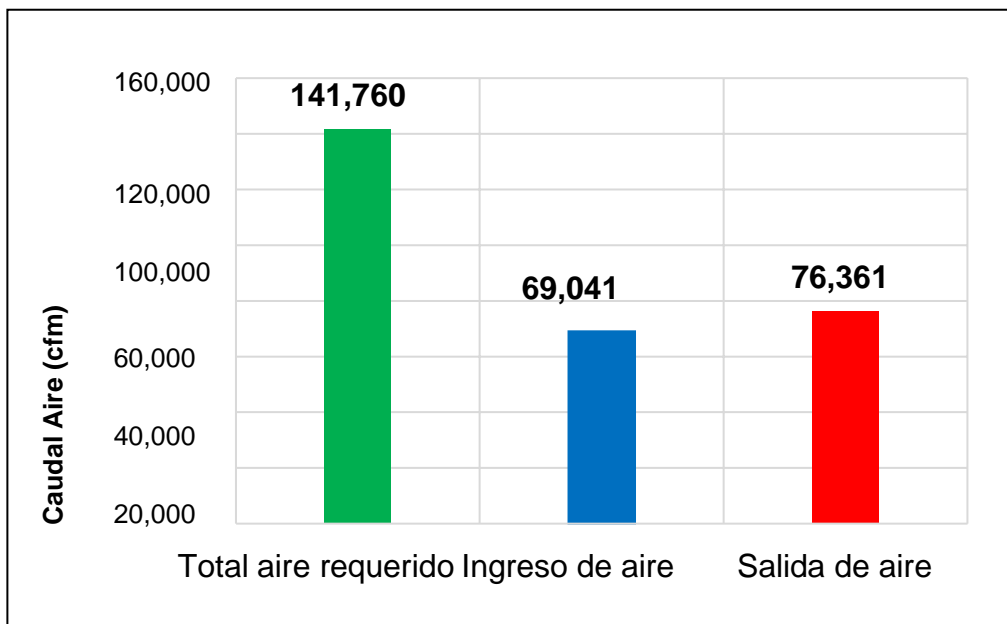


Figura 39. Distribución del Balance de aire actual en Zona

4.4.3 Consumo de energía

Calculando el consumo de energía de ventilación podremos hacer la comparación con respecto al gasto de otras unidades mineras. El consumo de energía se calcula dividiendo el costo de energía por kilowatts entre el caudal de ingreso en cfm.

a) Consumo de energía eléctrica- zona Central

Tabla 36. Consumo de energía eléctrica de ventiladores principales en zona Central

Ítem	Código ventilador	Zona	Labor	Caudal nominal cfm	Pot. Nominal HP	Pot. Nominal Kw	I	V	Pot real Kw	Costo energía US\$/Kw-Hr	Costo US\$/Hr	Costo energía US\$/año
1	AR- 95	Central	Superficie	105000	250	186	209	442.3	136.11	0.088	11.977	103483.694
2	JY-01	Central	Superficie	105000	200	149	133	471.3	92.29	0.088	8.122	70170.693
Sub total				210000	450	335			228.4		20.099	173654.387

Tabla 37. Consumo de energía eléctrica de ventiladores secundarios en zona Central

Ítem	Código ventilador	Zona	Labor	Caudal nominal cfm	Pot. Nominal HP	Pot. Nominal kW	I	V	Pot real kW	Costo energía US\$/ kW -h	Costo US\$/h	Costo energía US\$/año
1	AR-78	Central	Ch 880-3	50000	125	93	87.6	434.3	56.0	0.088	4.928	42605.77
2	AR-40	Central	Cabeza RB-35	105000	150	111.9	120.7	445.00	79.1	0.088	6.9608	60106.76
3	IV-63	Central	RB-05	50000	100	74.6	90.7	456.0	60.9	0.088	5.3592	46279.48
4	SI-50	Central	RB-18	50000	139	103.7	83.7	449.7	55.4	0.088	4.8752	42113.29
5	IV-68	Central	Acceso al Rb 06	50000	100	74.6	79.3	435.7	50.9	0.088	4.4792	38688.87
6	AR-72	Central	Cabeza de la RB 23	50000	100	74.6	75.8	444.0	49.6	0.088	4.3648	37689.39
Sub total				355000	714	532.4			351.9		30.9672	267483.56

Tabla 38. Consumo de energía eléctrica de ventiladores auxiliares en zona Central

Ítem	Código ventilador	Zona	Labor	Caudal nominal cfm	Pot. Nominal HP	Pot. Nominal kW	I	V	Pot real kW	Costo energía US\$/ kW - h	Costo US\$/h	Costo energía US\$/año
1	AR-97	Central	RB 33	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
2	AR-87	Central	Tj 1050	30000	75	56	76	452.00	50.5	0.088	4.44	38385.34
3	AR-98	Central	RB 34	30000	75	56	76	452.0	50.5	0.088	4.44	38385.34
4	AR-88	Central	RB 34	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
5	AR-91	Central	RB 34	30000	75	56	0	0	0.0	0.088	0.00	0.00
6	AR-93	Central	RB 33	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
7	AR-89	Central	CH 734-6	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
8	AR-90	Central	RB 33	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
9	AR-92	Central	Cx 5000	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
10	IV-67	Central	CH 909-0	20000	30	22	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
11	AR-74	Central	RB 49	30000	50	37	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
12	AR-29	Central	RB 39	25000	48	36	29	467	19.6	0.088	1.72	14933.18
13	AR-16	Central	CH 763-2	25000	50	37	0	0	0.0	0.088	0.00	0.00
14	AR-14	Central	CH 424-9	25000	39	29	58	763	39.7	0.088	3.49	30210.71
15	SI-47	Central	RB 16	20000	50	37	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
16	AR-84	Central	RB 28	20000	40	30	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
17	IV-65	Central	RB 53	20000	30	22	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
18	AR-76	Central	CH 497-1	20000	50	37	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
19	AR-85	Central	RB 49	20000	40	30	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38

20	IV-64	Central	CX 1592	20000	30	22	0	0	0.0	0.088	0.00	0.00
21	IV-71	Central	CH	20000	30	22	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
22	IV-57	Central	RB 53	20000	30	22	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
23	IV-58	Central	CX 7305	20000	30	22	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
24	AR-80	Central	CH 392-6	15000	40	30	0	0	0.0	0.088	0.00	0.00
25	AR-44	Central	RB 28	12000	20	15	19	467	12.9	0.088	1.14	9820.66
26	IV-66	Central	Planta shotcrete	12000	20	15	19	467	12.9	0.088	1.14	9820.66
27	AR-22	Central	CX 6060-SE	12000	20	15	19	467	12.9	0.088	1.14	9820.66
Comedor												
28	AR-34	Central	profundización	12000	20	15	0	0	0.0	0.088	0.00	0.00
29	IV-61	Central	Rp 2000	12000	20	15	0	0	0.0	0.088	0.00	0.00
30	AR-42	Central	Rp 8773	12000	20	15	19	467	12.9	0.088	1.14	9820.66
31	JY-24	Central	Rp 0153	10000	25	19	18	473	12.6	0.088	1.11	9572.41
32	JY-11	Central	Rp Pocket	10000	30	22.4	18	473	12.6	0.088	1.11	9572.41
33	AR-26	Central	Rb #34	5000	13	9.3	14	451	9.0	0.088	0.79	6877.55
34	AR-30	Central	Rp CSM	5000	13	9.3	14	451	9.0	0.088	0.79	6877.55
35	IV-60	Central	Rb 43	20000	30	22.4	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
Sub total				712000	1493	1111.4			807.6	0.088	71.06792	613881.27

b) Consumo de energía eléctrica-zona Cachi Cachi

Tabla 39. Consumo de energía eléctrica de ventiladores principales en zona Cachi Cachi

Ítem	Código ventilador	Zona	Labor	Caudal nominal cfm	Pot. Nominal HP	Pot. Nominal kW	I	V	Pot real kW	Costo energía US\$/ kW - h	Costo US\$/h	Costo energía US\$/año
Cachi												
1	JY-03	Cachi	Superficie	60000	118	88	81	479.1	57.43	0.088	5.05384	43663.012
Sub total				60000	118	88			57		5.05	43663.012

Tabla 40. Consumo de energía eléctrica de ventiladores secundarios en zona Cachi Cachi

Ítem	Código ventilador	Zona	Labor	Caudal nominal cfm	Pot. Nominal HP	Pot. Nominal kW	I	V	Pot real kW	Costo energía US\$/ kW -h	Costo US\$/h	Costo energía US\$/año
Ventilador secundario												
1	AR-99	Cachi cachi	CH 175-6	60000	150	111.9	120	467.7	82.6	0.088	7.27	62828.33
2	AR06	Cachi cachi	CH 299-3	25000	48	35.8	28.6	467.7	19.6	0.088	1.72	14933.18
3	AR-75	Cachi cachi	RB 25	50000	100	74.6	74.5	474.5	52.1	0.088	4.58	39585.14
4	AR-18	Cachi cachi	CH 299-3	37000	68	50.7	47.3	464.7	32.3	0.088	2.84	24586.89
Sub total				172000	366	273			186.6		16.42	141933.54

Tabla 41. Consumo de energía eléctrica de ventiladores auxiliares en Zona Cachi Cachi

Ítem	Código ventilador	Zona	Labor	Caudal nominal cfm	Pot. Nominal HP	Pot. Nominal kW	I	V	Pot real kW	Costo energía US\$/ kW -h	Costo US\$/h	Costo energía US\$/año
Ventilador auxiliar												
1	AR-86	Cachi cachi	RP 1215	30000	75	56	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
2	AR-23	Cachi cachi	CH 293-7	30000	50	37	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
3	IV-70	Cachi cachi	CH 808-3	30000	50	37	0	0.0	0.00	0.088	0.00	0.00
4	IV-56	Cachi cachi	CH 028-6	30000	50	37	76	452	50.5	0.088	4.44	38385.34
5	BF-12	Cachi cachi	Rp 0636	25000	48	36	58	463	39.7	0.088	3.49	30210.71
6	AR-77	Cachi cachi	CX 4080 NE	20000	50	37	0	0.0	0.00	0.088	0.00	0.00
7	AR-83	Cachi cachi	CH 289-0	20000	40	30	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
8	AR-82	Cachi cachi	CH 214-6	15000	40	30	0	0.0	0.00	0.088	0.00	0.00
9	TI-38	Cachi cachi	CX 2015 SW	5000	12	8.9	14	451	9.00	0.088	0.79	6877.55
10	AR-21	Cachi cachi	Parrilla	5000	13	9.3	14	451	9.00	0.088	0.79	6877.55
11	SI-48	Cachi cachi	CH 600-2	30000	60	44.7	24	461	16.5	0.088	1.45	12522.38
Sub total				240000	488	362.9			242.2		21.31	184166.59

Tabla 42. Comparación de Costo por consumo de energía por zonas

Mina	Caudal de ingreso (CFM)	Costo por consumo de energía (US\$)	Índice de costo de energía (US\$/CFM)
Central	164395	1055019	6.42
Cachi cachi	125828	369763	2.94

El consumo de energía anual de las dos zonas (Central y Cachi Cachi) en ventilaciones de 1,424,782 US\$/año y los ingresos son 290,901 cfm como muestra el siguiente gráfico.

Tabla 43. Comparación de Costo por consumo de energía de S.M. Corona con otras minas

Mina	Caudal de ingreso (CFM)	Costo por consumo de energía (US\$)	Índice de costo de energía (US\$/CFM)
Tumbomayo	593088	858366	1.59
Uchuchacua	1208103	1869269	1.55
Marsa	596578	1897593	3.18
Catalina Huanca	618704	1041600	1.68
S.M. Corona	290901	1421782	4.90

El costo de energía-ventilación es \$4.90/cfm, siendo este valor el más alto en comparación de los proyectos que ha desarrollado.

Índice de Costo de Energía (US\$/CFM)

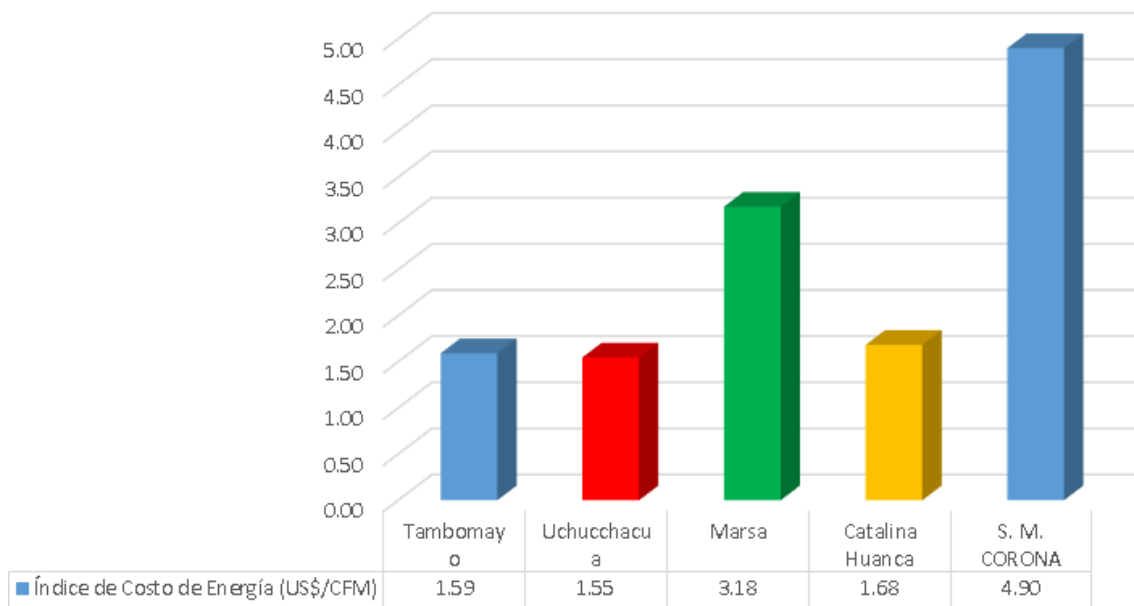


Figura 40. Índice de costo de energía

CONCLUSIONES

1. El balance de ventilación indica un caudal de ingreso total de aire fresco de 290,901 cfm y la necesidad de aire (demanda) es de 488,222 cfm, siendo la cobertura actual del sistema de 60 %, en tal sentido se requiere realizar la actualización del sistema de ventilación para cubrir la demanda al 100 %.
2. El circuito de ventilación de la mina Yauricocha opera con un circuito integral forzado a través de rampas de acceso, chimeneas de ventilación y extracción del aire viciado por chimeneas de tipo escalonado en un sistema convencional/mecanizado, que permite una alta resistencia al sistema.
3. El requerimiento por personal es de 61,327 cfm (13), el requerimiento por equipos diésel es de 363,214 cfm (74 %) y el requerimiento por fugas es de 63,681 cfm (13 %), con un total de requerimiento de 488,222 cfm.
4. La concentración de monóxido (CO) en la zona Cachi Cachi (Rp. Escondida) y zona central (Rp. CSM, Rp. Catas, Rp. Mascota, Rp. Esperanza y en profundización) está por encima del LMP=25 ppm.
5. Las velocidades de aire en la zona Cachi Cachi (Nv-720) y en la zona central (Nv 820, 920) superan el LMP=250m/min.
6. Solo se registró temperaturas altas (24°C) en Rp. Integración., en general las temperaturas en las labores de la mina no superan los 23°C, por lo que se considera una mina fría y no requiere un cálculo de requerimiento por altas temperaturas (Q.Te.), así mismo se el costo de energía-ventilación es \$4.90 / cfm.
7. Las labores que se encuentran con acumulación de desmonte reducen el paso del flujo necesario, así como también evitar el estacionamiento de equipos móviles en las labores principales de ventilación, ya que estos obstáculos

producen mayor resistencia al paso del aire y sobrecargan el ambiente de gases por recirculación y descompensación de presiones (Nv 1120, Nv 1170), así mismo los equipos petroleros vienen generando gases como CO y CO₂ mayores a lo permitido según normativa mismo que se debe a la antigüedad y/o falta de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Colocar los ventiladores auxiliares a no más de 100 m para tener una correcta ventilación en el frente y evitar el acolchonamiento de gases.
2. Realizar chimeneas de avance junto con las labores para captar el aire lo más cerca posible del frente.
3. Incrementar la capacidad de los ventiladores extractores para las zonas de profundización de Cachi Cachi y Central.
4. Estandarizar la instalación de los tapones, puertas y reguladores para el control de ventilación, mantener actualizado el modelo 3D para tener una mayor confiabilidad al momento de simular los proyectos de ventilación.
5. Reemplazo de equipos diésel antiguos e implementación de equipos eléctricos y/o a batería para mitigar la concentración de monóxido presente en la mina.
6. Se recomienda conectar un ingreso directo desde el túnel Yauricocha hacia el CX 5000 para su avance, debido a que este crucero servirá para conectar la zona Cachi Cachi con Central y para actividad de exploración, del mismo modo estandarizar la instalación de los ventiladores principales para evitar el deterioro y daño por vibración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GUTIERREZ, C. Recirculación controlada en minería subterránea. Memoria (Título de Ingeniería Civil de Minas). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2010, 122 pp.
2. SUTTY, J. Influencia de la ventilación mecánica, en el diseño del sistema de ventilación del nivel 4955 mina Urano SAC – Puno. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016, 111 pp.
3. IBAÑEZ, V. Diseño del sistema de ventilación en el Nv 4050 veta Don Ernesto unidad minera El Porvenir – Milpo. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2018.
4. DURAN, J. Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea - mina Colquijirca CIA de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas) Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018, 136 pp.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable
General	¿Cuáles son los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021?	Evaluar los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021	Los resultados de la evaluación de las condiciones de ventilación de los flujos de ingresos y salidas de aire influyen para la actualización del sistema integral de ventilación unidad minera Yauricocha 2021	Independiente Condiciones de ventilación Dependiente Sistema integral de ventilación
Específicos	a) ¿En qué medida el levantamiento de ventilación a detalle influye para la actualización del sistema integral de ventilación?	a) Establecer el levantamiento de ventilación a detalle que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.	a) El levantamiento de ventilación a detalle en el que se plasme las condiciones del sistema de ventilación tales como velocidades de aire, temperatura, presión, humedad y sección de las labores; influye para la actualización del sistema integral de ventilación.	
	b) ¿En qué medida los proyectos de ventilación en base a las reservas y los recursos del yacimiento a detalle influye para la actualización del sistema integral de ventilación?	b) Analizar los proyectos de ventilación en base a las reservas y los recursos del yacimiento a detalle que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.	b) De los proyectos de ventilación en base a las reservas y los recursos del yacimiento a detalle en el que se visualización en un entorno en 3D con proyección de los diámetros y longitudes permitan minimizar el uso de ventiladores los que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.	
	c) ¿Cuál es el resultado de las mediciones de caudal y presión en los ventiladores principales y secundarios para la	c) Calcular las mediciones de caudal y presión en los ventiladores principales y secundarios que influye para la actualización del	c) Las mediciones de caudal y presión en los ventiladores principales y secundarios determinación de la	

actualización del sistema integral de ventilación? sistema integral de ventilación. de eficiencia operativa, los mismos que influye para la actualización del sistema integral de ventilación.

d) ¿Cuál es el resultado del monitoreo de concentración de gases en todo el circuito de ventilación que influye para la actualización del sistema integral de ventilación? d) Analizar el monitoreo de concentración de gases en todo el circuito de ventilación que influye para la actualización del sistema integral de ventilación. d) El monitoreo de concentración de gases en todo el circuito de ventilación permite determinar las zonas críticas que influye para la actualización del sistema integral de ventilación

	Concepto	Dimensión	Indicador
Variable independiente	El aire que se introduzca a la mina debe estar exento de gases, humos, vapores o polvos nocivos o inflamables. Está prohibida la ventilación por difusión, excepto en túneles o galerías avanzadas hasta 10 metros donde no haya presencia de metano o de gases contaminantes, ni peligro de acumulación del mismo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantamiento de ventilación ▪ Proyectos de ventilación ▪ Caudal y presión ▪ Concentración de gases 	de Plano isométrico
Condiciones de ventilación			Reservas CFM ppm
Variable dependiente	Es el sistema que se instala en serie con la ventilación principal, para compensar el incremento de resistencia de la operación en un determinado sector de la mina. Es el sistema que proporciona aire fresco a los frentes ciegos donde la ventilación principal no llega.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aire limpio en calidad y cantidad 	m ³ /min
Sistema integral de ventilación			