

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Caracterización del Sistema de Ventilación en las Labores Subterráneas
para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad
San Cristobal**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Hugo Jeanfranco VALENTÍN FERNÁNDEZ

Asesor:

Mg. Raúl FERNÁNDEZ MALLQUI

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Caracterización del Sistema de Ventilación en las Labores Subterráneas
para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad
San Cristobal**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Mg. Carlos Edwin ROJAS VICTORIO
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 046-2025

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. Hugo Jeanfranco VALENTÍN FERNÁNDEZ

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
"CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION EN LAS LABORES SUBTERRANEAS PARA MEJORAR LA CIRCULACION DEL AIRE EN COMPAÑIA MINERA VOLCAN – UNIDAD SAN CRISTOBAL"

Asesor:
Mg. Raúl FERNANDEZ MALLQUI

Índice de Similitud: **7 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 15 de noviembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por ser mi pilar incondicional en cada paso de mi formación.

A mi familia, por su apoyo constante y por enseñarme, con el ejemplo, el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A quienes confiaron en mí incluso en los momentos más difíciles, su fe fue la luz que me impulsó a continuar.

Y a mí mismo, por no rendirme, por seguir adelante pese a las adversidades y por creer que sí era posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios por darme la fortaleza y salud necesarias para culminar esta etapa.

A mis padres, por su amor, paciencia y sacrificio; su apoyo ha sido fundamental en cada logro alcanzado.

A mis docentes y asesor, por compartir su conocimiento y orientarme con sabiduría durante el desarrollo de esta tesis.

A mis compañeros y amigos, por su colaboración, motivación y compañerismo a lo largo de esta travesía académica.

A mi institución, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y por los recursos puestos a disposición.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de una u otra forma, fueron parte de este proceso. Su huella queda en cada página de este trabajo.

RESUMEN

La presente tesis que tiene como título: “**Caracterización del sistema de ventilación en las labores subterráneas para mejorar la circulación del aire en compañía minera Volcan – Unidad San Cristóbal**”.

Establece como objetivo principal: Determinar la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal, como hipótesis principal Teniendo en cuenta la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas podemos mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal, en cuanto a la metodología la investigación de tipo aplicado, nivel descriptivo, analítico, diseño no experimental, la muestra está constituida por todo el sistema de ventilación de la mina San Cristóbal, la técnica utilizada es . La observación directa, análisis de documentos. Finalizando la investigación con la conclusión: La infraestructura de ventilación actual está alineado a las necesidades de la operación, la cobertura actual es del 113.87%. El sistema actual permite una evacuación de aire viciado de acuerdo con las necesidades operativas.

Mina San Cristóbal cuenta con un sistema SCADA para control de ventiladores principales, sistema trabaja de forma remota lo cual permite monitorear en tiempo real el funcionamiento y operatividad de los equipos antes mencionados

Palabras claves: Ventilación, labores subterráneas, circuito de ventilación, ventilador, aire.

ABSTRACT

This thesis is entitled: "**Characterization of the ventilation system in underground works to improve air circulation at the Volcan Mining Company - San Cristobal Unit.**"

Its main objective is to determine the characterization of the ventilation system in underground workings to improve air circulation at the Volcan Mining Company - San Cristóbal Unit. The main hypothesis is that, based on the characterization of the ventilation system in underground workings, we can improve air circulation at the Volcan Mining Company - San Cristóbal Unit. The methodology used is applied research, with a descriptive and analytical level and a non-experimental design. The sample consists of the entire ventilation system at the San Cristóbal Mine. The technique used is direct observation and document analysis. The research concludes: The current ventilation infrastructure is aligned with the needs of the operation; current coverage is 113.87%. The current system allows for evacuation of stale air according to operational needs.

The San Cristóbal Mine has a SCADA system for controlling the main fans. This system operates remotely, allowing real-time monitoring of the operation and performance of the aforementioned equipment.

Keywords: Ventilation, underground work, ventilation circuit, fan, air.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que dentro de los procesos de explotación minera subterránea la ventilación ocupa un lugar primordial y de gran importancia, debido a que es una necesidad el de eliminar y evacuar el aire contaminado de las labores, así como el de suministrar aire limpio y puro.

Las labores de explotación en la mina San Cristóbal están distribuidas en dos zonas: una ubicada en la parte alta y otra en la baja. ambos sectores se conectan principalmente por rampas, además de usar galerías, cruceros, chimeneas y un By pass. En este caso el aire ingresa a través de las labores de desarrollo que se encuentran ubicadas a lo largo de toda la mina, sin embargo, el aire se extrae por medio de un sistema independiente.

Debido al requerimiento de aire puro y la necesidad de evacuar el aire viciado y la profundización de la mina San Cristóbal hay necesidad de evaluar el sistema de ventilación existente y proponer algunas mejoras.

Referente al desarrollo de la tesis, la investigación se estructura en forma de capítulos, a continuación, resumidos:

El primer capítulo se enfoca en plantear el problema central que se encuentra referido a los sistemas de ventilación en operaciones mineras en niveles subterráneos. de esta manera se plantea la problemática a nivel general y específico, señalando los objetivos también generales y específicos, así como la justificación, la hipótesis, y la descripción de las variables, para finalizar con las limitaciones del trabajo.

El segundo capítulo desarrolla el Marco Teórico, en el que se revisan los trabajos que anteceden a esta investigación sobre sistemas de ventilación que se aplica en las minas subterráneas, luego se analiza el fundamento teórico de la tesis propuestos por autores dedicados al estudio de la ventilación.

El tercer capítulo se concentra en los aspectos metodológicos de este trabajo, en esta parte se expone el tipo, nivel, diseño, método, los grupos poblacionales y muestrales, así como los instrumentos y las técnicas que se usaron para recabar los datos y procesarlos.

El cuarto capítulo se concentra en analizar y discutir los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación.

Finalmente, son elaboradas las conclusiones, y se ponen a consideración las recomendaciones que se estimen necesarias, este trabajo cierra con toda la bibliografía revisada y detallada.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación espacial	2
1.2.2.	Delimitación temporal	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general.....	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general.....	3
1.4.2.	Objetivos específicos	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
------	-------------------------------	---

2.1.1.	Antecedentes nacionales	5
2.2.	Bases teóricas científicas	9
2.2.1.	Aire	9
2.2.2.	Gases en mina subterránea	10
2.2.3.	Clasificación de gases en mina subterránea	11
2.2.4.	Origen de los gases en mina subterránea.....	11
2.2.5.	Descripción de los gases en minería subterránea.....	12
2.2.6.	Sistemas de ventilación	16
2.2.7.	Circuitos de ventilación	16
2.2.8.	Determinación del caudal del aire	19
2.2.9.	Ventiladores.....	20
2.2.10.	Requerimiento legal.....	21
2.3.	Definición de términos conceptuales	21
2.4.	Enfoque Filosófico – Epistémico.....	25

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	28
3.2.	Nivel de investigación.....	28
3.3.	Característica de la investigación	28
3.4.	Método de investigación	29
3.5.	Diseño de investigación.....	29
3.6.	Procedimiento del muestreo	29
3.6.1.	Población	29
3.6.2.	Muestra.....	29
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.7.1.	Técnicas	29
3.7.2.	Instrumentos.....	29
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30

3.9.	Orientación ética	30
------	-------------------------	----

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	31
4.1.1.	Aspectos generales de la Unidad minera.....	31
4.1.2.	Métodos de minado	32
4.1.3.	Ciclo de Minado	38
4.2.	Discusión de resultados	42
4.2.1.	Plan de desarrollos e infraestructura mina	42
4.2.2.	Estrategia de Desarrollo y Preparación.....	45
4.2.3.	Sistema de ventilación	47
4.2.4.	Resumen circuito por zonas.....	53
4.2.5.	Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación	55
4.2.6.	Monitoreo caudal ingreso – salida.....	56
4.2.7.	Requerimiento de Aire	57
4.2.8.	Balance de aire.....	60

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS:

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Composición del aire seco	9
Tabla 2. Requerimiento de aire según: DS-024 -2016- EM y su Modificatoria.....	19
Tabla 3. Perforación chimenea slot taladros	38
Tabla 4. Parámetros voladura chimenea slot	39
Tabla 5. Parámetros y rendimiento de voladura	40
Tabla 6. Rendimiento de scooptrans.....	40
Tabla 7. Ventiladoras del circuito principal	48
Tabla 8. Ventiladora del circuito 1	48
Tabla 9. Ventiladora del circuito 2	49
Tabla 10. Ventiladores del circuito 3	50
Tabla 11. Ventiladora del circuito 4	51
Tabla 12. Ventiladores del circuito 5	52
Tabla 13. Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación zona alta	55
Tabla 14. Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación zona baja	55
Tabla 15. Caudal de ingreso de aire	56
Tabla 16. Caudal de salida de aire viciado.....	57
Tabla 17. Requerimiento de aire por personal	57
Tabla 18. Requerimiento por temperaturas	57
Tabla 19. Requerimiento por equipos	58
Tabla 20. Requerimiento por fugas	59
Tabla 21. Resumen de requerimiento de aire fresco	59
Tabla 22. Resumen de mediciones	59
Tabla 23. Cronograma ejecución chimeneas RB 2024.....	60
Tabla 24. Flota de equipos mina San Cristóbal.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Medición de gases por su peso específico	16
Figura 2. Primera Ley de Kirchhoff.....	17
Figura 3. Segunda Ley de Kirchhoff	17
Figura 4. Circuitos complejos	18
Figura 5. Ubicación de la mina San Cristóbal.....	32
Figura 6. Vista isométrica método de minado breasting	33
Figura 7. Sección longitudinal método de minado breasting.....	34
Figura 8. Vista isométrica método de minado Bench and Fill (avoca)	35
Figura 9. Vista longitudinal minado Bench and Fill (avoca) con relleno detrítico.....	37
Figura 10. Descarga del relleno detrítico en un tajo	41
Figura 11. Longitudinal plan de producción.....	44
Figura 12. Esquema típico de un block de minado por Bench and Fill (avoca).....	46
Figura 13. Circuito N° 01	49
Figura 14. Vista del circuito N° 2	50
Figura 15. Vista del circuito N° 3	51
Figura 16. Vista del circuito N° 4	52
Figura 17. Vista del circuito N° 5	53
Figura 18. Plano unifilar de ventilación Mina San Cristóbal.....	54
Figura 19. Flota de equipos de Volcan S.A.A.....	61
Figura 20. Flota de equipos empresa especializada	62

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Es conocido que como parte de la explotación minera subterránea el procedimiento para la ventilación ocupa un lugar primordial y de gran importancia, debido a que es una necesidad el de eliminar y evacuar el aire contaminado de las labores, así como el de suministrar aire limpio y puro.

Por otra parte, hoy en día la explotación es más mecanizada donde se hace uso de equipos que funcionan con Diesel que producen gases contaminantes, equipos de perforación de gran capacidad, compresoras, equipos trackless, transporte mediante volquetes que requieren cada vez más aire, también hay necesidad de aire al incrementar la ampliación y profundización de la mina.

La actual legislación referente a aspectos de ventilación de minas

(D.S. 023-2017-EM.) contempla el abastecimiento necesario de aire para los trabajadores y equipamiento, la generación de gases por la voladura y el nivel de calidad de aire que condiciona el confort ambiental que debe ser suministrado en labores mineras. Adicionalmente están considerados distintos aspectos que se relacionan con las labores de ventilación dentro de las minas.

La mina de San Cristóbal operativamente está localizada en el departamento de Junín, específicamente en la localidad de Yauli, cuya provincia lleva el mismo nombre. en términos geográficos este emplazamiento está ubicado en el sector este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú, alcanza una altura de 4,700 msnm. en cuanto a los aspectos operativos en este emplazamiento se aplican los métodos de minado Over Cut and Fill (Breasting) y el Sub level Stopping (AVOCA). Tiene previsto continuar con labores de desarrollo, preparación y trabajos de profundización.

Para las labores de ventilación se emplea un sistema mecanizado que utiliza ventiladores para generar la presión adecuada con el fin de que el aire fresco sea direccionado hasta los sectores más profundos de la mina desde las chimeneas y bocaminas que se ubican en el nivel superficial.

Las labores de explotación en la mina San Cristóbal están distribuidas en dos zonas: una ubicada en la parte alta y otra en la baja. ambos sectores se conectan principalmente por rampas, además de usar galerías, cruceros, chimeneas y un By pass. En este caso el aire ingresa a través de las labores de desarrollo que se encuentran ubicadas a lo largo de toda la mina, sin embargo, el aire se extrae por medio de un sistema independiente.

Debido al requerimiento de aire puro y la necesidad de evacuar el aire viciado y la profundización de la mina San Cristóbal hay necesidad de evaluar el sistema de ventilación existente y proponer algunas mejoras.

Todos estos aspectos hacen que se realice la presente investigación.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El lugar en el que se ejecutará este trabajo son las instalaciones de La mina de San Cristóbal cuya localización es en el departamento de Junín, distrito de Yauli.

1.2.2. Delimitación temporal

Se tiene previsto ejecutar este trabajo en el año 2024, entre los meses de julio y diciembre.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal?

1.3.2. Problemas específicos

Problema específico a

¿Cuál es la caracterización de los circuitos de ventilación en interior mina que ayude a mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal?

Problema específico b

¿El requerimiento de aire en interior mina ayudara a mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico a

Determinación de la caracterizar de los circuitos de ventilación en interior de la mina que ayuden a mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.

Objetivo específico b.

Evaluar el requerimiento de aire en interior mina que ayuden a mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.

1.5. Justificación de la investigación

Planteamos las siguientes justificaciones.

Justificación teórica

Justifica su realización porque al realizar dicha investigación se podrá obtener información o nuevos conocimientos sobre la ventilación en minería subterránea lo cual será de gran importancia para la industria minera.

Justificación práctica

Justifica porque mediante la investigación será posible caracterizar el sistema de ventilación en la Unidad San Cristóbal lo que ayudará a proponer mejoras en el sistema de ventilación para un funcionamiento adecuado.

Justificación económica

Al proponer aspectos de mejora en el sistema de ventilación en la mina San Cristóbal esto hará posible el uso adecuado de los equipos, de los circuitos de ventilación evitando paradas en el trabajo por falta de ventilación, esto se verá reflejado en los costos por ventilación.

Justificación legal

Hará posible verificar el cumplimiento de los estándares de requerimiento de aire en los diferentes trabajos que se realiza en las labores mineras.

1.6. Limitaciones de la investigación

Referente a las limitaciones podemos mencionar que no se prevé contratiempos ni limitantes durante la ejecución del trabajo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes nacionales

Primer antecedente:

En el trabajo presentado por (DIAZ, 2019) titulado “OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN COMO UN MÉTODO DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA MINA SAN RAFAEL, DE LA REGIÓN PUNO”. Tiene por objetivo: dar cumplimiento al D.S. 024- 2016 EM. Por medio del incremento de la calidad del aire.

Como conclusiones plantea:

La mejora de la dilución de los gases en las labores críticas se llegó a un 98.9 % al instalar ventiladores auxiliares de 30,000 cfm.

Los gases nitrosos producidos por la voladura de taladros largos son expelidos en su totalidad por la rampa principal en 56 minutos.

La concentración de polvo se ha reducido a 2 labores representando una mejora de 94.2 % la temperatura se ha reducido en las labores críticas a un promedio de 27.2° C esto debido a la mejora del flujo del aire, los trabajadores diagnosticados con silicosis han descendido en un 47 %

Segundo antecedente

La tesis de (HUAMAN, 2020) titulada: "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SUBTERRÁNEA DE LA MINA CONDOR IV, MINERA EL PALACIO DEL CÓNDOR S.A.C." cuyo objetivo fue mejorar el sistema de ventilación y como conclusión se tiene:

Se uso el software Ventsim para el diseño de la ventilación simulando distintos escenarios, ubicación de las ventiladoras y manejo de las compuertas.

Se determino el caudal real de las ventiladoras mediante la corrección por altitud.

Se determino el acondicionamiento operativo de la red de entrada y salida para el aire fresco como viciado, así como los factores que pueden estar afectado su desempeño y otras deficiencias del sistema de ventilación.

En labores a mayor profundidad la velocidad del disminuye notablemente así en el inclinado 442, bay pass 735 las velocidades fueron cero, la solución fue el empleo de ventiladoras.

La cobertura de ventilación de la mina el Condor IV es de 106 %, con el uso de ventiladoras, el tiempo de ventilación de la mina después de una voladura es de 1 hora y media.

Tercer antecedente

La tesis de (CORAL, 2024) titulada "Ampliación de la capacidad del circuito de ventilación para incrementar la cobertura de aire subterráneo en la Mina Contonga de Tierra Group International Ltd." Que tiene como objetivo: incrementar la capacidad de la ventilación orientada a aumentar la producción en mina Contonga.

Como conclusión se tiene:

Para incrementar el circuito de ventilación se realizó varios trabajos como ejecución de chimeneas, instalación de nuevas ventiladoras, incrementando el aire en 101.09 %.

El aumento de la cobertura de aire destinado a los operarios en la primera etapa llego a 27,118 cfm en la segunda etapa se incrementó 42,589 cfm.

Para el trabajo de los equipos diésel se incrementó en 101 %, en la primera etapa 420,084 cfm. Y en la segunda etapa 528,066 cfm.

Cuarto antecedente

La tesis de (VERA, 2021) titulada:” Implementación y simulación del sistema de ventilación con el software ventsim visual en la Mina San Valentín s.a. – Curahuasi – Apurímac – 2019, tiene como objetivo: implementación y simulación del sistema de ventilación en la mina San Valentin.”

Como conclusión se tiene:

La evaluación del sistema de ventilación natural arroja un valor de 4237.76 cfm. Lo cual no cubre las necesidades de requerimiento de aire fresco.

La cantidad de aire requerido es de 21,000 cfm. Para poder trabajar con toda normalidad.

La cantidad de gases presentes en la mina es oxígeno 19.60 % cerca al límite., monóxido de carbono CO 32 ppm. Encima del LMP, dióxido de carbono CO₂ está en 0.08 % debajo del LMP. Dióxido de nitrógeno NO₂ está en 2.5 ppm se halla encima del LMP.

La simulación e implementación no ha permitido determinar el flujo de aire que se necesita, ubicar los ventiladores auxiliares para ventilar la labor ciego.

Quinto antecedente

La tesis de (QUISPE, 2017) cuyo título es “CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA MEJORA DE LA CIRCULACIÓN DEL AIRE

EN EL PROYECTO MINERO INMACULADA 4 – CIEMSA”, su objetivo es: elaborar una caracterización y diseñar la circulación del aire fresco para diluir los gases tóxicos.

Como conclusión se tiene:

En cuanto a la presencia de gases tóxicos como el monóxido de carbono (CO) en el frente de la rampa 500 se tuvo en plena operación 145 ppm y cuando no trabajaba el equipo se tuvo 45 ppm en ambos casos sobrepasan los LMP.

La ventilación en el frente de la rampa 500 es crítica debido a que en este lugar silo se cuenta con 223.36 m³/min que es el 38.2 % de lo que se necesita.

El sistema de ventilación propuesto comprende 2 circuitos uno para la ventilación de la rampa 500 y el del frente de trabajo de la rampa 500, el otro circuito para los tajeos que se hallan en explotación mediante reguladores.

Los caudales calculados fueron: para la rampa 500 y su frente 48000 cfm presión 5.41 pulgadas de agua, el circuito dos para los tajeos en operación 29,000 cfm presión de 1.74 pulgadas de agua, para la ventilación auxiliar del frente de la rampa 500 se necesita 18500 cfm una presión de 1.92 pulgadas de agua.

Sexto antecedente

La tesis de (CASTILLO, SOTO, 2022) titulado “Análisis del Sistema de Ventilación y propuesta de mejora para optimizar el Caudal de aire de la minera Aurífera Retamas S.A. Marsa - 2020” cuya finalidad fue: mejorar el caudal del aire mediante la evaluación y mejora del sistema de ventilación en mina Retamas S.A. Aurífera Retamas S.A. Marsa - 2020” su objetivo es: mejorar el caudal del aire mediante la evaluación y mejora del sistema de ventilación en mina Retamas S.A.

Como conclusión se tiene:

El requerimiento de aire de la ventilación es de 1,084,936 cfm. Y vemos que solo ingresa aire fresco a la mina de 571, 236 cfm. y de salida se tiene 693, 777 cfm. solo se está cubriendo el 64 % por lo que se tendrá que reemplazar ventiladores auxiliares.

En cuanto a las velocidades del aire se ve que el 71 % de los puntos monitoreados son permisibles y el 29 % no cumplen.

Referente a la temperatura se observó en 832 estaciones donde 32 % cumplen con temperaturas menores a 23 °C y 68 % no cumplen y que a medida que se profundiza la temperatura se va incrementando.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Aire

Concepto de aire

Puede ser definido como la combinación o el compuesto de distintos gases en el que intervienen oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, argón y otros. En la siguiente tabla se puede observar la composición del aire seco en condiciones normales:

Tabla 1. Composición del aire seco

Gas	% En volumen	% En peso
Nitrógeno - N ₂	78,09	75,53
Oxígeno - O ₂	20,95	23,14
Anh. Carbónico - CO ₂	0,03	0,046
Argón y otros	0,93	1,284

Nota: Tomado de “Guía de Seguridad para ventilación de minas subterráneas”, por Positiva Compañía de Seguros, 2017. Bogotá Colombia, Diciembre 2017. Pag 9.

Característica del aire en las labores mineras

La composición del aire presenta variaciones importantes de acuerdo con el medio en el que se encuentra. Y se compara el aire superficial con el aire presente dentro de un socavón se puede evidenciar las diferencias en cuanto a la cantidad del oxígeno, el anhídrido carbónico o el nitrógeno y vapor de agua, En el primer caso disminuye y en el segundo caso aumenta. Así mismo otro factor a considerar como parte de la composición del aire dentro de un socavón es la presencia de polvos y gases que se originan como consecuencia de la mineralización de la mina y que impactan en la composición final del aire. En términos generales se puede decir que

el aire dentro de un socavón está compuesto por: aire atmosférico, gases activos provenientes de las explosiones y de naturaleza nociva y aire muerto que está compuesto por anhídrido carbónico entre el 5 y 15% además de nitrógeno entre un 85 y 95%.

Las condiciones atmosféricas dentro de un socavón deben presentar un grado de humedad, temperatura y composición adecuados para la correcta ejecución de las labores operativas. De tal manera que se pueda garantizar las condiciones de salud y seguridad para los operarios y para el equipamiento con el fin de asegurar la correcta ejecución de los procedimientos en el interior de la mina.

Contaminación del aire en las labores mineras

En las labores a nivel subterránea es normal que el aire de la superficie sea conducido por medio de ventiladores mecánicos con el objetivo de obtener un aire fresco y respirable dentro del socavón, para poder ejecutar de manera óptima las operaciones mineras, sin por ello dejar de asegurar la integridad de las personas que trabajen en dichos emplazamientos. Sin embargo, la presencia de otros factores como el equipamiento que funciona a base de diésel, el polvo producto de las labores de voladura y la presencia del personal contribuyen a reducir los niveles de oxígeno del aire fresco que ingresa al socavón. Con lo cual se produce gases nocivos como monóxido de carbono, dióxido de carbono, gases nitrosos, etc., Y como consecuencia el aire dentro de las labores subterráneas llega a visearse. Este aire debe ser extraído de las labores debido a que no ofrece las condiciones adecuadas para realizar el trabajo subterráneo al contar con una cantidad reducida de oxígeno, lo que puede poner en riesgo la integridad de los trabajadores.

2.2.2. Gases en mina subterránea

Al interior de las labores mineras pueden producirse una gran variedad de gases, lo que pueden causar distintos eventos incluso con consecuencias fatales. Entre el origen de este tipo de gases podemos encontrar: emanaciones de origen natural, funcionamiento del equipamiento y voladuras. Tener en cuenta la naturaleza

de estos riesgos facilita la activación de medidas de prevención para reducir el riesgo de intoxicaciones por gases. A continuación, se presenta las características principales de estos gases cuya presencia se identificó en las operaciones de la Unidad Minera en estudio a actual.

2.2.3. Clasificación de gases en mina subterránea

- **Gases Asfixiantes:** Tiene como consecuencia que la concentración del oxígeno presente en aire se reduzca al ocupar el espacio que deja el oxígeno dentro de la galería.
- **Gases tóxicos:** Tiene como consecuencia que la concentración del oxígeno presente en aire se reduzca al ingresar en los pulmones y contaminan el organismo.
- **Gases Explosivos:** Tiene como consecuencia producir efectos nocivos en el organismo intoxicándolo, alterando el funcionamiento de los órganos haciendo que los tejidos se destruyan por envenenamiento, incluso pueden ocasionar la muerte. Estos gases se producen cuando se activa un iniciador una explosión (VELEZ, 2017)

2.2.4. Origen de los gases en mina subterránea

A continuación, se mencionan por importancia de mayor a menor: estratos, voladuras, combustión de maquinaria, fuego y explosiones, personas y estaciones de carga de baterías.

- **Gases de estratos:** El metano es el más común de este tipo. Puede ocupar de 0,6 a 1,2 m³/min por m² de carbón en superficie fresca de expuesta. Este gas puede alcanzar 120 m³/min en una emisión súbita de gas.
- **Gases de voladuras:** El ANFO es uno de los agentes de voladura que actualmente presente un uso mayor en operaciones subterráneas y en menor cantidad las dinamitas que al detonar generan gases. Los gases que se originan son: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Gases Nitrosos (NO₂) y (NO).

- **Máquinas de combustión interna:** la cantidad de material contaminante que puede ser liberado por este medio es grande, puede alcanzar los 0,28 m³/min por caballo de potencia; con material gasífero como CO, NO₂ aldehídos, humos, metano y SO₂. Al ajustar la razón de los combustibles de las máquinas puede ocasionar que las impurezas varíen, condiciones mecánicas, propiedades de combustible y condiciones atmosféricas.
- **Fuegos y explosiones:** Para explosiones y fuegos generalmente la combustión es incompleta. Como consecuencia se puede producir aparte de bióxido de carbono, monóxidos de carbono, metano y entre otros. En casi todas las situaciones son sellados los fuegos mineros y el muestreo detrás del muro puede indicar cuando se ha sofocado el fuego y alcanzo un estado de equilibrio. La combustión durara cuando el oxígeno se consuma totalmente, en caso de que los sellos sean impermeables al aire, esta circunstancia puede tomar semanas incluso meses.
- **Respiración humana:** Cada uno de los trabajadores puede liberar un aproximado de volumen de carbono 47,20 m³/seg.
- **Baterías:** Puede desprender una cantidad pequeña de hidrogeno cuando se realiza las recargas.

2.2.5. Descripción de los gases en minería subterránea

Oxigeno (O₂)

- Rango Explosivo e Inflamabilidad. Por su naturaleza puede facilitar las combustiones, aunque no se trata de un gas explosivo.
- Riesgos para la Salud. Por encontrarse en medio del aire natural no presenta riesgo de toxicidad, por el contrario, se importancia para la vida humana es primordial. Cuando el aire normal presenta bajas concentraciones de oxígeno puede presentar un alto riesgo para la vida.

No presenta ningún tipo de sabor, color u olor.

Dentro del aire normal, el oxígeno ocupa hasta el 21%, y con ello se convierte en el segundo componente en importancia.

Monóxido de Carbono (CO)

- Rango Explosivo e Inflamabilidad: Por su naturaleza es un elemento inflamable y explosivo. En el aire normal puede alcanzar entre el 12.5% al 74.2% de rango explosivo.
- Solubilidad: Por su naturaleza, puede ser soluble en un medio acuoso.
- Causa u Origen: cualquier material con compuesto de carbono puede producir como consecuencia de una combustión incompleta el monóxido de carbono. Generalmente se produce como consecuencias de explosiones de gas o incendios de mina.
- También se produce como efecto de la combustión interna de motores y expulsado por el escape, la detonación de explosivos o su quema.
- Dónde encontrarlo: generalmente se puede encontrarlo como consecuencia de un incendio en la mina o por causa de detonación de algún tipo de explosivos. Es normal encontrarlo cerca de un motor de combustión.

Dióxido de Carbono (CO₂)

- Gravedad Específica: 1.5291
- Rango Explosivo e Inflamabilidad: Por su naturaleza no arde ni explota.
- Riesgo para la Salud: puede alcanzar hasta un 0.03% de concentración como parte del aire normal.
- Una concentración de dióxido de carbono por encima del 2% se considera alta, en este tipo de casos puede provocar que la respiración de las personas se acelere de manera riesgosa.

La respiración se acelera hasta un 300% cuando las concentraciones de dióxido de carbono alcanzan el 5% lo que representa una dificultad importante para la actividad pulmonar. Cuando las concentraciones alcanzan el 10% puede causar violentos jadeos y hasta la muerte.

- Solubilidad: Por su naturaleza, puede ser soluble en un medio acuoso.
- Color / Olor / Sabor: No presenta ningún tipo de color u olor sin embargo cuando su concentración es alta se puede identificar un marcado sabor ácido.
- Causa u Origen: se produce como consecuencia de la acción de una combustión completa, además es uno de los componentes del aire normal. Otro contexto en que se le puede encontrar es en voladuras que utilizan material explosivo, y por último también se ubica como consecuencia del sistema respiratorio humano.
- Otro contexto donde se puede ubicar CO₂ es en las voladuras mineras y en los incendios y las explosiones. Así mismo, en algunas operaciones mineras el estrato rocoso puede liberarlo.
- Dónde se encuentra: El CO₂ al ser un compuesto de naturaleza pesada puede ser ubicado en las secciones inferiores de las operaciones como los pisos o en los sectores bajos de las minas. Además, puede tener presencia en emplazamientos en abandono, y como consecuencia de detonaciones, explosivos e incendios.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂ Ó N₂O₄)

- Gravedad específica: 1.5894
- Rango Explosivo e Inflamabilidad: Por su naturaleza no puede arder ni explotar.
- Riesgo para la Salud: Sus niveles de toxicidad son notablemente altos. Si se entra en contacto con él por medio de la respiración causa inmediatamente irritación de las vías respiratorias. Adicionalmente puede formar compuestos ácidos al entrar en contacto con la humedad de los pulmones y tener efectos corrosivos provocando una inflamación severa. Normalmente, esta sintomatología se evidencia después de unas horas de tener en contacto con este compuesto. Para exposiciones cortas que alcancen niveles entre un 0.01% y 0.015% de concentración se considera un peligro alto, en cambio en exposiciones que alcancen entre un 0.02% al 0.07% de concentración se considera un peligro fatal.

Una persona que estuvo expuesta a un alto nivel de este compuesto presenta una seria posibilidad de morir, debido a que su sistema respiratorio colapsa por una saturación de agua en los pulmones al contrarrestar el efecto del ácido que corroe el organismo.

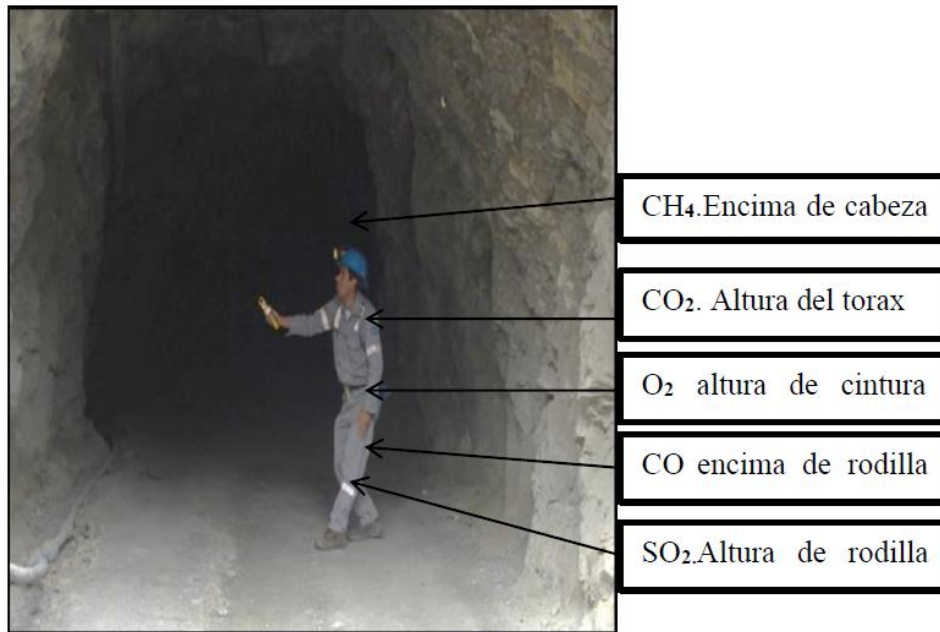
- Solubilidad: Por su naturaleza, presenta una ligera solubilidad en un medio acuoso.

Óxido Nítrico (NO)

Este compuesto no presenta grandes volúmenes en el aire por su rápida oxidación al entrar en contacto con el oxígeno formando óxido de nitrógeno (NO₂).

- Color / Olor / Sabor: puede presentar un color café rojizo en concentración es bajas, por otro lado, presenta un ligero olor a pólvora cuando alcanza altos concertaciones.
- Causa u Origen: generalmente se producen como causa de los incendios, o por acción de incendios o detonaciones y por la combustión de los motores diésel. En un medio con cargas eléctricas el nitrógeno entra en contacto con el oxígeno y forma nitrógeno al oxidarse.
- Dónde se encuentra: al ser un compuesto de naturaleza pesada puede ser ubicado en las secciones inferiores de las operaciones como los pisos o en los sectores bajos de las minas. Normalmente se detecta cuando se producen arcos eléctricos y chispas o luego de las labores de voladuras.

Figura 1. Medición de gases por su peso específico



2.2.6. Sistemas de ventilación

Las labores de ventilación en operaciones subterráneas consisten en la circulación del aire por el interior de la mina. Este aire de ofrecen las condiciones adecuadas de para la respiración de las personas, de manera que la adecuada operatividad de los trabajos quede garantizada,

Para ello se debe disponer de la circulación del aire por medio de un circuito que conecte todas las labores. En este caso se necesario contar con accesos diferentes a la labor, además de dos chimeneas y socavones. (Positiva Seguros Rimac, 2017).

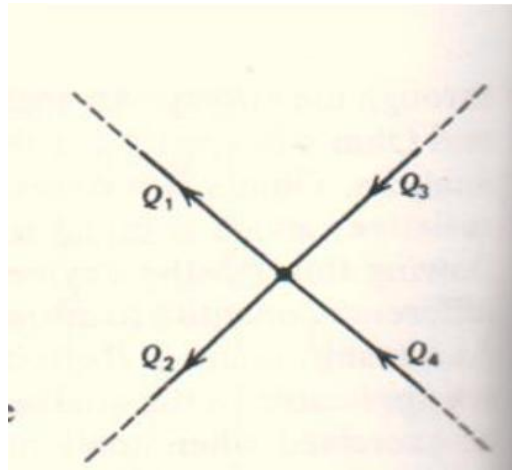
2.2.7. Circuitos de ventilación

Se debe aplicar lo establecido por Kirchhoff:

- Kirchhoff en su primera ley de continuidad establece: La suma de caudales en un nudo debe ser igual a cero.

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$$

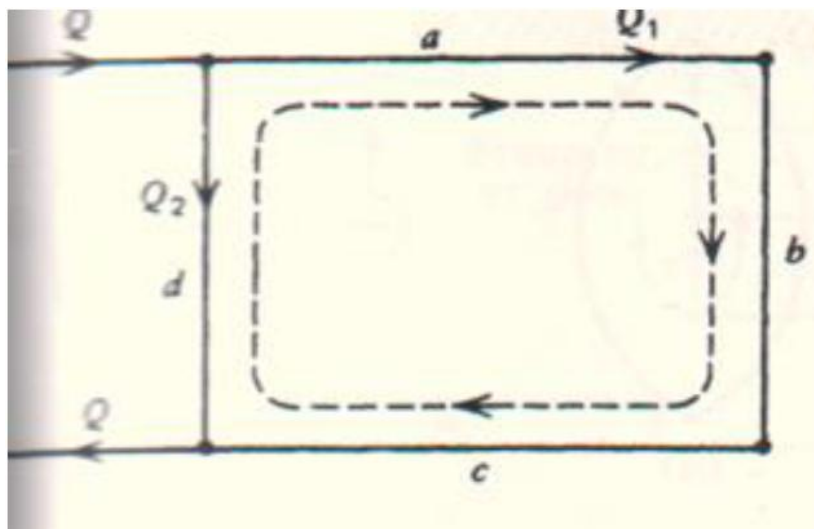
Figura 2. Primera Ley de Kirchhoff



- Kirchhoff en su segunda ley de energía establece: Suma de presiones alrededor de una malla debe ser cero.

$$H_l = H_{la} + H_{lb} + H_{lc} - H_{ld} = 0$$

Figura 3. Segunda Ley de Kirchhoff



Circuito en serie y paralelo

- Circuito en Serie:

Este tipo de circuitos se implementan desde el inicio hasta en el final de las galerías de ventilación y Q es el mismo

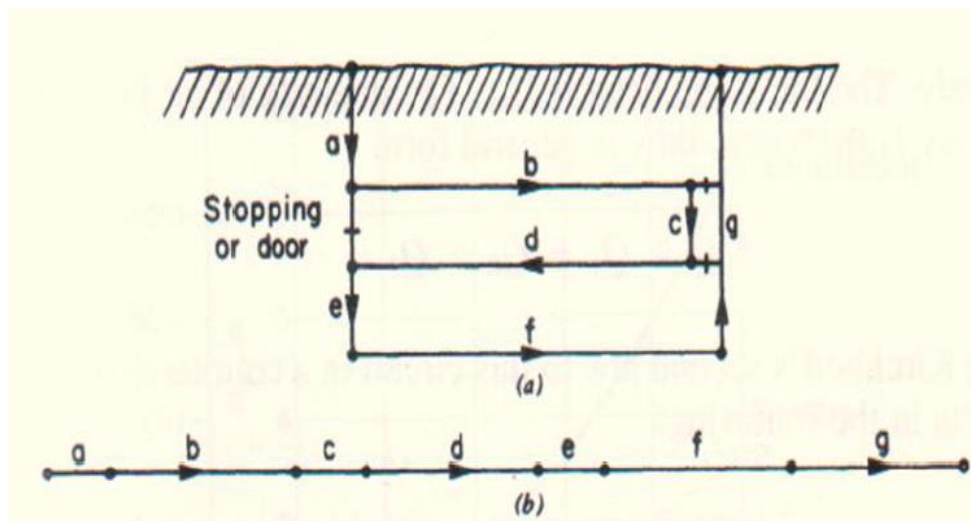
- Circuito en paralelo:

Este tipo de circuitos se implementan cuando existe una ramificación en más de dos circuitos que se unirán en otro sector.

Circuitos complejos

Este tipo de circuitos se emplean cuando se presenta alguna interconexión entre circuitos en serie y paralelos.

Figura 4. Circuitos complejos



Ventilación natural

En las labores mineras se debe diferenciar crear entre la densidad del aire que entra y del que salva, a esto se le denomina "tiro natural".

Este efecto se produce cuando la temperatura del aire presenta una diferencia marcada, aunque la diferencia de presión y los niveles de humedad, así como la composición química del aire no presentan mayor diferencia identificable. esto se puede apreciar en cualquier operación minera ya sea de dimensión pequeña y así también en operaciones en superficie.

Ventilación mecánica o forzada

Ese tipo de ventilación se puede conseguir utilizando un ventilador que genere La diferencia de presión entre el aire que entra y que sale. debe usar este mecanismo debido a que se necesita direccionar la orientación del aire hacia sectores determinados.

este direccionamiento es lo que constituye el circuito de circulación del aire, que además utiliza “Resistentes” Que sirven para guiar el caudal de aire a las labores que lo necesite.

2.2.8. Determinación del caudal del aire

a) Caudal según personal que trabaja

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

f = cantidad de aire por trabajador (3 m³/min)

N= Número de trabajadores

Tabla 2. Requerimiento de aire según: DS-024 -2016- EM y su Modificatoria

Altitud de la Mina (msnm)	Cantidad Aire por Hombre
Hasta 1,500	3m ³ /min.
1,500 a 3,000	4m ³ /min. (+40%)
3,00 a 4,000	5m ³ /min. (+70%)
Sobre 4, 000	6m ³ /min. (+100%)

Nota: Tomado de DS-024 -2016- EM y su Modificatoria DS-023 -023-EM (Promulgado 18 de agosto 2017- Art. 247).

b) Caudal según desprendimiento de gas

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

q = gas desprendido de las labores en 24 hr, en m³.

c) Caudal según la producción

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

u = 1 a 1,7 (m³/min)

T= producción en toneladas por día

d) Caudal según consumo de explosivos

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

E= cantidad de explosivos en kilos

e) Caudal según equipos diésel

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

HP= caballos de fuerza del motor

Medición del caudal

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

A = Área media de las galerías (m²)

V= Velocidad media de circulación del aire (m/min)

Demanda de aire total

$$Q \text{ total requerido} = Q \text{ personal} + Q \text{ equipos}$$

Estimación de requerimiento de aire

Para realizar los cálculos de cobertura de aire para todo el circuito se deben considerar las mediaciones en los puntos de ingreso y salida de aire.

$\text{Cobertura} = \frac{Q \text{ ingreso}^{\circ\%}}{Q \text{ operativo}}$
--

2.2.9. Ventiladores

Se trata de un dispositivo que sirve para transmitir energía a un fluido que puede ser un gas o aire, de esta manera se produce el incremento de presión que se busca, y que denominamos Presión Total, Necesaria para que el flujo del fluido se mantenga continuo.

Tipos de ventiladores

Ventiladores centrífugos

Un dispositivo de este tipo cuál ópera gracias a un rotor confinado en una envolvente con una disposición espiral, De esta manera se puede succionar el aire hacia el ojo del rotor que se encuentra en orientación paralela a la flecha del ventilador, esto provoca que la corriente de aire sea arrojada contra revolvente de esta manera consigue descargar en forma de ángulo recto por la salida con relación a la flecha, esta disposición puede tener una ola entrada o una doble.

Ventiladores axiales:

En este dispositivo se aloja un rodete en la envolvente que puede ser cilíndrica o carcasa.

2.2.10. Requerimiento legal

Requerimientos legales están regulados por el DS. N° 024-2016-EM, específicamente en sus artículos 247, 248, 252 y 254 Los que básicamente estipulan los siguientes detalles: Requerimientos de caudal aire para el personal, y para equipos que funcionan a base de diésel, dilución de explosivos, para mantener temperatura comfortable.

2.3. Definición de términos conceptuales

Aire:

Pero acciones mineras es usual que la composición del aire que ingresa a las labores presente cambios. Por un lado, aumentan los niveles de N₂ y CO₂, por otro bajan lo de O₂ baja, adicionalmente el vapor de agua se incrementa, y se generan otros tipos de gases y polvos producto de la presencia humana, funcionamiento de equipos e incendios y voladuras, descomposición de distintos materiales de origen orgánico o mineral, agua estancada, distintas labores de explotación, C₂H₂ por uso de carburo en las lámparas, humos nitrosos por soldaduras entre otros componentes.

Circuito de Ventilación:

Se trata del circuito que debe recorrer el aire interconectando las distintas labores dentro de una mina, este circuito puede presentar una orientación horizontal, inclinada o vertical, según sea la disposición de las labores en el nivel subterráneo, su finalidad principal consiste en suministrar el flujo continuo de aire con la calidad y en la cantidad necesaria que puedan diluir los elementos contaminantes presentes dentro de las galerías asegurando con ello condición de segura para las personas dentro de las labores.

Corriente de aire o corriente de ventilación:

Es la orientación que presenta un caudal de aire cuando recorre las labores.

Difusión natural:

Este tipo de difusión se denomina cuando se ventila un frente ciego sin usar dispositivos mecánicos ni energía que pueda suministrar corriente al aire natural.

Gas:

Normalmente este término lo emplean los operarios para denominar al aire impuro sobre todo cuando se presenta en un contexto de explosiones, es posible ubicarlo en operaciones a nivel subterráneo, o en labores de voladura.

Gases Nitrosos:

Producen cuando se opera en un sector con presencia de óxidos de nitrógeno. Es usual ubicarlos mezclados y con una concentración diferente debido a que habitualmente son producto de las voladuras en los frentes.

Labores subterráneas:

Cuando las excavaciones se realizan por debajo del nivel superficial reciben esta denominación. Adicionalmente se incluyen en esta categoría los trabajos en niveles subterráneos que forman parte de obras civiles.

Nudo de ventilación:

Es el sector donde se un caudal o más se bifurca y presenta entrada y salida para el flujo de ventilación.

Plan de Ventilación:

Es la planificación que debe tener en cuenta los distintos elementos que entran en juegos para que una explotación minera cumpla con un circuito de ventilación óptimo.

Plano de ventilación de nudos y vías:

Una mina como parte de su esquema de ventilación debe contemplar los nudos y las vías como parte de sus redes de ventilación, para ellos es necesario enumerar los elementos de este tipo utilizados.

Puertas de ventilación:

Es el mecanismo se utiliza en las labores subterráneas para garantizar que el pase del caudal de aire se regule o en algunos casos se frene.

Seguridad y Salud en el Trabajo:

Se trata de todos los aspectos relacionados con la prevención de las lesiones y enfermedades que las condiciones laborales pueden ocasionar en los trabajadores, asimismo también se encarga de las medidas de protección que deben ser implementadas en el centro de trabajo. Navidad es garantizar que el entorno laboral presente en las condiciones adecuadas para ejecutar las labores que forman parte del puesto de trabajo, como parte de sus objetivos se encuentran garantizar un bienestar a nivel mental, físico y social del trabajador.

Ventilación.

Es la operación por la cual se pueden dirigir aire fresco con las condiciones adecuadas hacia el frente de trabajo, además también se debe poder extraer el aire que haya alcanzado los niveles no de contaminación y pueda afectar las labores y a las personas, para ello se debe disponer de un recorrido definido que cubra las distintas secciones dentro de las labores a nivel subterráneo.

Ventilador:

el mecanismo se activa por medio de electricidad o mecánicamente que se usa para recircular, extraer o difundir aire fresco hacia los niveles subterráneos de una labor que pueden ser Axiales o centrífugos.

Vía de Ventilación:

Son los elementos que forman parte del circuito de ventilación, normalmente son no determinados por qué se ubica un sector inicial y uno final por el cual debe circular caudal de aire fresco para la ventilación, estos elementos pueden ser: galerías, túneles, secciones transversales tambores entre otros elementos que componen el circuito.

Ventilación forzada:

Por medio de un mecanismo se puede ejercer presión dentro del circuito y el caudal de aire con la finalidad de ventilar una labor específica para ello se debe usar un ventilador el cual suministrará la energía necesaria para que el flujo de aire requerido.

Ventilación natural:

En este caso el flujo o caudal de aire presenta una presión natural, como producto de las condiciones naturales y climatológicas presentes en las labores mineras. estas condiciones actúan sobre el flujo de aire al interior de una labor en la cual deben existir por lo menos dos accesos que sirvan para la entrada y la salida del aire, de esta manera se originará una presión entre el volumen que entra y el volumen que sale.

Formulación de hipótesis**Hipótesis General**

Teniendo en cuenta la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas podemos mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.

Hipótesis específicas

Hipótesis específica a

Al caracterizar los circuitos de ventilación en interior de la mina podemos mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.

Hipótesis específica b

Al evaluar el requerimiento de aire en interior mina podemos mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.

Identificación de variables

Variables para la hipótesis general

Variable independiente

Caracterización del sistema de ventilación

Variable dependiente

Mejora la circulación del aire

Variables para la hipótesis específicas

Variables para la hipótesis específica a

Variable independiente

Caracterización del circuito de ventilación

Variable dependiente

Mejora la circulación del aire

Variables para la hipótesis específica b

Variable independiente

Requerimiento de aire

Variable dependiente

Mejora la circulación del aire

2.4. Enfoque Filosófico – Epistémico

Al enmarcar la presente propuesta de tesis dentro de una aproximación de tipo científico desde distintos puntos de análisis es posible abordar una problemática

específica del campo minero como lo es la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas. Aun así, los resultados que obtengamos de esta problemática nos podrán parecer distintos si realizamos su aplicación en otras circunstancias o desde otras especialidades.

Este contraste demuestra que nuestra actitud científica puede ser enfocada desde una perspectiva distinta de la cual inicialmente la planteamos. En esas circunstancias deberemos considerar un juicio o una evaluación distinta a nuestra manera de abordar el problema inicialmente.

Esta situación argumentativa nos muestra que la labor científica puede resultar compleja si se la emprende desde un punto de vista restringido. Es por ello que en la siguiente investigación debemos ocupar el lugar del investigador científico más cercano al área del desarrollo de nuestro tema, es decir al área minera y sus necesidades específicas.

En ese sentido para abordar la problemática específica que nos presenta la actividad minera tenemos de nuestro lado, como la herramienta más eficiente a nuestros fines académicos y empresariales, al quehacer científico, aunque siempre debemos ser conscientes de que existen distintos modos para aproximarnos a una problemática y cada uno de ellos pueden ser legítimos y mostrar resultados efectivos y satisfactorios para determinados requerimientos.

A partir de esta compleja estructuración de los saberes y los puntos de vista debemos ser conscientes de que el camino científico no es el único que nos ayudará a entender los fenómenos del mundo, sin embargo, este camino nos puede ofrecer métodos para corroborar y validar nuestras evidencias y sobre todo pensar nuestro lugar dentro de la problemática específica.

Es por ello por lo que el método científico cobra importancia vital para este tipo de investigaciones debido a que nos permite ubicarnos por encima de nuestros juicios personales e incluso sociales y culturales para poder establecer conocimientos o principios argumentativos que puedan apoyar juicios ser aceptados por su carácter

neutral y abstracto que además respondan directamente a las cuestiones que una problemática específica plantea.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

A continuación, emplearemos un tipo de investigación APLICADA debido a que vamos a caracterizar el sistema de ventilación de la mina San Cristóbal, porque vamos a tratar de mejorar el sistema de ventilación de la mina como dice (BAENA , 2017).

3.2. Nivel de investigación

En este trabajo se usará un nivel descriptivo, analítico; debido a que vamos a describir y analizar los aspectos de ventilación de la mina San Cristóbal estando de acuerdo con (de pronóstico de una cifra o valores)” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.3. Característica de la investigación

Enfoque Cualitativo: Al hablar de Caracterización determinaremos los atributos peculiares del Sistema de Ventilación en las Labores Subterráneas para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristobal

3.4. Método de investigación

En esta ocasión se empleará el método científico, específicamente las metodologías analíticas-deductivas; apoyado en (va de lo particular a lo general) (BERNAL, 2010) .

3.5. Diseño de investigación

En esta ocasión se usará un diseño no experimental debido a que no haremos ninguna variación de las variables de la investigación solo nos avocaremos a observar y recoger datos de las operaciones mineras. Apoyado en “este tipo de diseños se utilizan específicamente para el análisis de un fenómeno que acontece en el presente” (SANCHEZ, REYES, MEJIA, 2018)

3.6. Procedimiento del muestreo

3.6.1. Población

El grupo poblacional para investigar está definido por la totalidad del sistema de ventilación de la mina San Cristóbal de la Empresa VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.

3.6.2. Muestra

De la misma manera que el grupo poblacional, este grupo está definido por la totalidad del sistema de ventilación de la mina San Cristóbal de la Empresa VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

- Análisis de documentos
- Observación directa

3.7.2. Instrumentos

- Guía de observación
- Ficha de registro
- Documentos escritos

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para poder obtener los resultados y conclusiones ordenaremos los datos de campo en base a los instrumentos Excel, Word.

3.9. Orientación ética

Este aspecto será determinante durante todo el proceso de aplicación de este trabajo, para ello centraremos nuestros esfuerzos académicos orientados por la veracidad, honestidad, confidencialidad y respeto a las instituciones y personas.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos generales de la Unidad minera

Ubicación

Las operaciones mineras de San Cristóbal están ubicadas en la localidad de Yauli, perteneciente al departamento de Junín. En términos geográficos, esta unidad se encuentra emplazada en el sector este de la cordillera De los Andes occidentales, específicamente en el centro del Perú a una distancia de 110 Km desde la ciudad de Lima.

Presenta las siguientes coordenadas geográficas:

- 76° 05' de longitud Oeste
- 11° 43' de latitud Sur

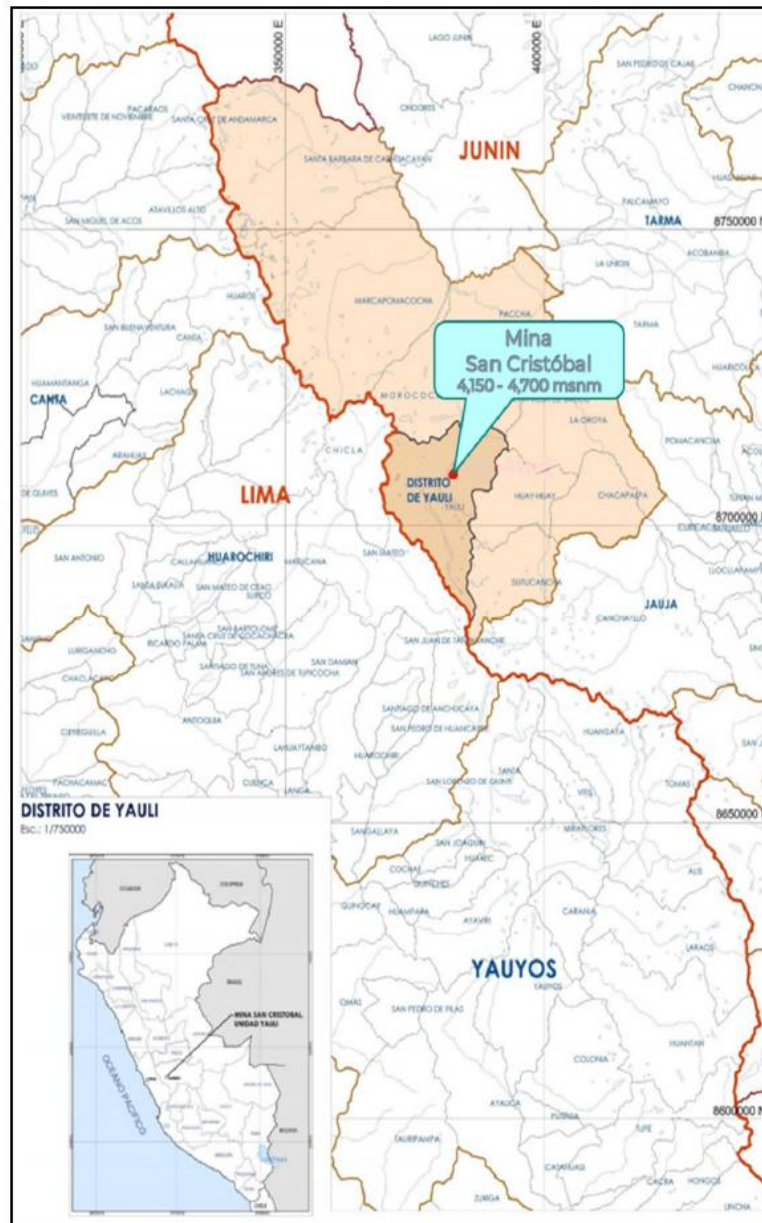
Además, las operaciones alcanzan los 4,700 msnm

Acceso Mina San Cristóbal

A esta unidad minera se puede acceder por medio de la carretera central, Desde la localidad de Pachachaca se puede tomar una vía de acceso hasta la unidad que recorre aproximadamente 20 kilómetros.

Adicionalmente se cuenta con una estación de ferrocarril a 12 km del área de operaciones, en la localidad de Yauli.

Figura 5. Ubicación de la mina San Cristóbal



4.1.2. Métodos de minado

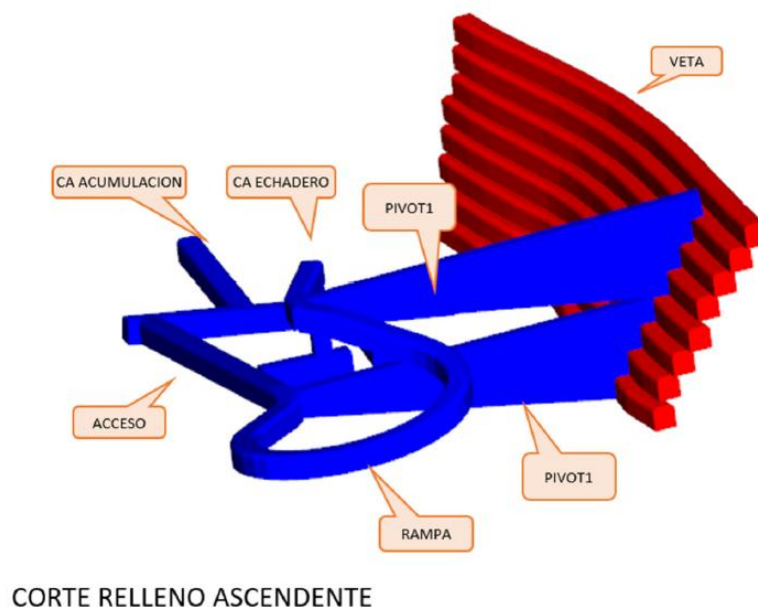
Como parte de los métodos de minado que se utiliza en esta unidad podemos destacar: Sub level Stopping (AVOCA) y Over Cut and Fill (Breasting) **Over Cut and Fill (Breasting)**

Este método consiste en ubicar las vetas con un buzamiento por debajo de a 500, En vetas con un buzamiento mayor es posible aplicarlo cuando la calidad de la roca en las cajas no hace posible utilizar taladros largos para el minado.

para iniciar este tipo de métodos se prepara una rampa con secciones de de 4.5m x 4.5m (-12%), y un ingreso de cruceo con sección de 4.5m x 4.5m, para conectarlo con un By - Pass de 4.5m x 4.5m. A partir de ahí se pueden generar las rampas basculantes, que cuando la beta se ubicada deberá servir para interceptarla Definiendo el lugar donde se inicia la galería y los niveles para las posteriores explotaciones en secciones de 3.8m x 4.0m que deben recorrer toda la extensión de la veta.

El número de accesos puede variar de acuerdo con la extensión de la Veta pero la distancia entre cada 1 de ellos debe ser 150m lo cual permite un minado para cada ala separado por 75 metros.

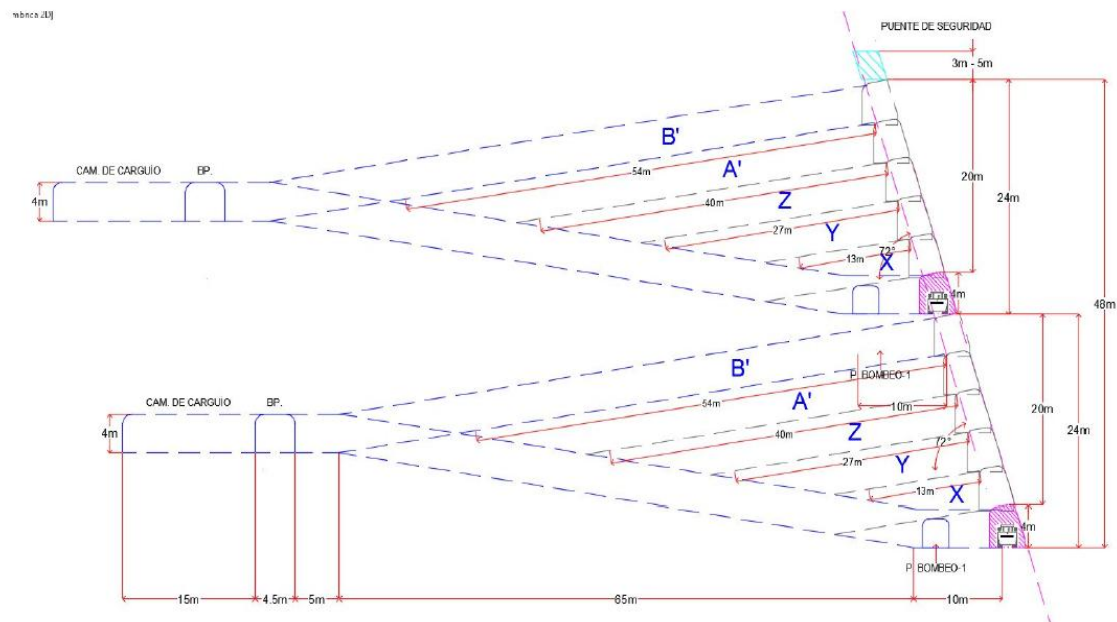
Figura 6. Vista isométrica método de minado breasting



A partir de las cámaras de carguío que se ubiquen en los By – Pass la evacuación de los desmontes se realizará utilizando volquetes de 25 toneladas.

Los cortes de cada tajeo deben ser por lo menos 5 con unas dimensiones de 4m de altura y 75m de longitud. la gradiente para el acceso debe alcanzar el 13% (-). en los cortes que queden por o realizar se debe hacer un batido de los accesos para alcanzar los 05 cortes.

Figura 7. Sección longitudinal método de minado breasting



El Ciclo de minado es perforación, voladura, desatado, limpieza y sostenimiento. Con este ciclo podemos alcanzar una longitud de 75 m para cada ala.

El relleno para cada corte será material detrítico proveniente del desmonte generado por los trabajos de avance al momento de levantar las infraestructuras iniciales dentro de la mina. este relleno del corte debe tener por lo menos medio metro de luz para una cara libre que será usada en el corte siguiente.

- Las secciones del minado deben tener una dimensión de 3.8 x 4.0 m cuando se trabaje con una potencia inferior a 3.8m.
- Eliminado debe tener el mismo ancho que la beta cuando la potencia se encuentre por encima de 3.8m.
- 140 t de mineral es en promedio la producción de cada disparo. en el by pass se ubican cámaras de acumulación para acarrear todo este mineral, que después

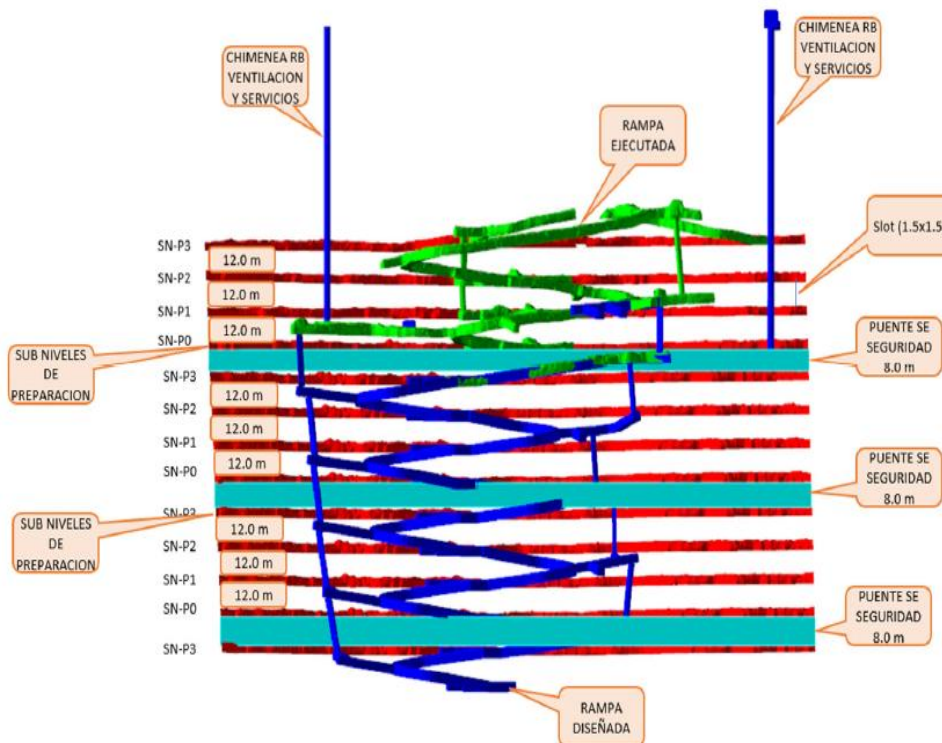
deberá ser llevado con los volquetes para depositarlos en los echaderos o en la superficie designada.

Bench and Fill (AVOCA)

Este método básicamente es una variación del Cut and Fill, pero cuenta con una mejor calidad en la producción, y con ello se pueden reducir los costos operativos.

En el caso que las vetas presenten un buzamiento por encima de los 55° y Y las cajas del macizo rocoso tengan una calidad de Regular A hasta Mala A con un RMR >30 se debe emplear este método. Sobre todo, indicado para la sección de caja techo. normalmente se usa para reducir el desprendimiento causado por la debilidad de la sección caja techo posterior a una voladura que presente una dilución dentro de los márgenes de la planificación. este rango de dilución normalmente alcanza el 10%.

Figura 8. Vista isométrica metodo de minado Bench and Fill (avoca)

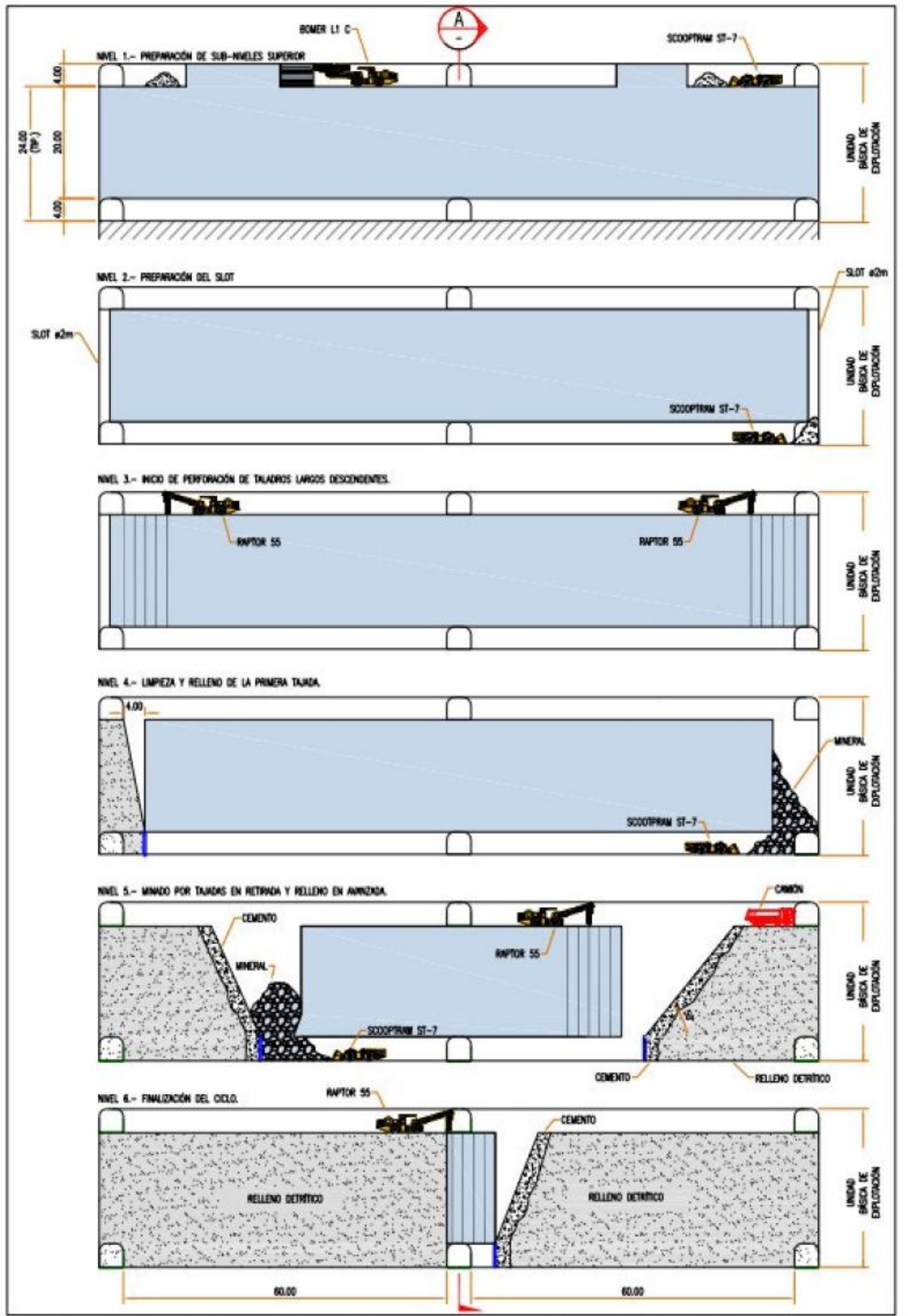


La extracción se realiza empleando una secuencia en retroceso, posteriormente se emplea un relleno detrítico en avance.

De acuerdo con la evaluación geomecánica a partir de la rampa (-12%) debe iniciar con la preparación, para después ingresar desde el cruce al By – Pass, lo cual permite generar los accesos con dimensiones de 3.8 m x 4.0 m y una longitud entre 25 – 35 m, los cuales deben interceptar la beta para poder iniciar las galerías o subniveles para las labores de explotación, La distancia entre estos accesos debe ser de 150 m.

Por otra parte, la longitud de los bancos de explotación debe alcanzar los 15 m. Para las labores de limpieza y extracción de material se emplean scoops diésel de 6.0 yd³ de capacidad Dirigidos a distancia, para los puntos de carguío se usa volquetes con capacidad para 10 m³, los cuales deberán transportar el material hasta las parrillas o al nivel superficial. cuando haya concluido la limpieza se debe emplear material detrítico para el relleno, este material proviene de las preparaciones y desarrollos que se ejecutaron como parte del ciclo de minado.

Figura 9. Vista longitudinal minado Bench and Fill (avoca) con relleno detrítico



4.1.3. Ciclo de Minado

Perforación

Cuando se emplea un minado por el método AVOCA la perforación debe ejecutarse utilizando taladros largos. A continuación, se detalla cada tipo de perforación:

Chimenea Slot:

En este caso que constituye una cara libre se debe ejecutar utilizando los equipos electrohidráulicos Simba modelo 1252 para las perforaciones. adicionalmente se debe disponer de columnas de 11 barras de 5 pies, con rosca T45, las brocas que se utilicen deben contar con un diámetro de 64 mm y alivios rimados a 5". Las secciones del slot deben alcanzar una extensión aproximada 16.89 metros, con secciones de 2.00m x 2.00m, en este caso se utilizarán 19 taladros, contando con 05 taladros de alivio.

La siguiente tabla muestra el detalle de este método:

Tabla 3. Perforación chimenea slot taladros

Perforación		
No total de taladros	19	und.
No de taladros Perforación 64mm	14	und.
No de taladros Rimado 5" Ø	5	und.
No de taladros Cargados	14	und.
No de taladros de Alivio	5	und.
Long. De perforación	16.89	mts.

Taladros Largos:

De acuerdo con la evaluación geomecánica del cuerpo de rocas y la estructura geométrica del cuerpo mineralizado en la mina San Cristóbal se ha Establecido el estándar siguiente: la perforación debe tener una forma negativa y una orientación paralela, con lo cual debe alcanzar un rendimiento de 22 m/h en promedio.

Voladura

De acuerdo con el método de perforación la voladura debe ser especificada, en este caso se debe cargar las secciones de Tajo y la chimenea Slot, Como se detalla a continuación.

Chimenea Slot:

Se deben emplear los parámetros siguientes cuando se utilice una voladura de cara libre o chimenea slot por medio de un VCR de 8 metros la

Tabla 4 Muestra los detalles correspondientes:

Tabla 4. Parámetros voladura chimenea slot

Parámetros de Voladura		
Sección	2.0 x 2.0	m x m
Tipo de Roca	Tipo II - III	
Tipo de Material	Mineral	
Tonelaje	229.704	tn
Longitud de Taladro	16.89	mts.
Longitud de Slot	16.89	mts.
Kilogramos de explosivo usado	100	kg
Factor de carga (Kg/ml)	6.86	kg/ml
Factor de carga (kg/tn)	0.5	kg/t

Voladura de secciones en tajos:

Para este caso se debe comenzar con una limpieza adecuada del piso, así como de los taladros negativos que usan aire comprimido y por último de drenar el agua que se encuentre acumulada. De acuerdo con el protocolo para voladuras no se debe exceder los 0.16 kg/t para el factor de carga. De lo contrario cuando las cajas colapsen se puede ocasionar un disturbio que contamine el material roto.

Este tipo de voladura presenta los rendimientos y parámetros que a continuación se muestran:

Tabla 5. Parámetros y rendimiento de voladura

Parámetros de Voladura		
Sección	1.3 x 1.3	m x m
Tipo de Roca	Tipo II -	
Tipo de	III	
Material	Mineral	tn
Tonelaaje	387.62	
Longitud de Taladro	16.89	mts.
Longitud del banco	15	mts.
Kilogramos de explosivo usado	73.65	kg
Factor de carga (Kg/ml)	7.71	kg/ml
Factor de carga (kg/tn)	0.19	kg/t
Faneles	27	Pza
Pentacord	6	mts.
Mecha Ensamblada	2	und
Mecha Rápida	1	m

Carguío y Acarreo

Quando se produzca la rotura del mineral posteriormente a la voladura las labores de limpieza se realizan utilizando un Scooptrans que viene a ser un cargador de bajo perfil Caterpillar modelo R1600 con 6 yd3 de capacidad, Este cargador cubrirá 150 m de desplazamiento para depositar el material en la sección de carguío, con ello alcanza 101.58 t/h de rendimiento.

A continuación, se presenta en detalle el rendimiento de estos equipos:

Tabla 6. Rendimiento de scooptrans

Rendimiento de Scooptrans		
Desmorte	2.8 gr/cm3	
Mineral	3.5 gr/ cm3	
Velocidad CC	3.96 km/hr	
Velocidad CC	5.40 km/hr	
Long. Prom.	90	
Scooptrans	S-605	
Capacidad	6 Yd3	4.59 m3

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Plan de desarrollos e infraestructura mina

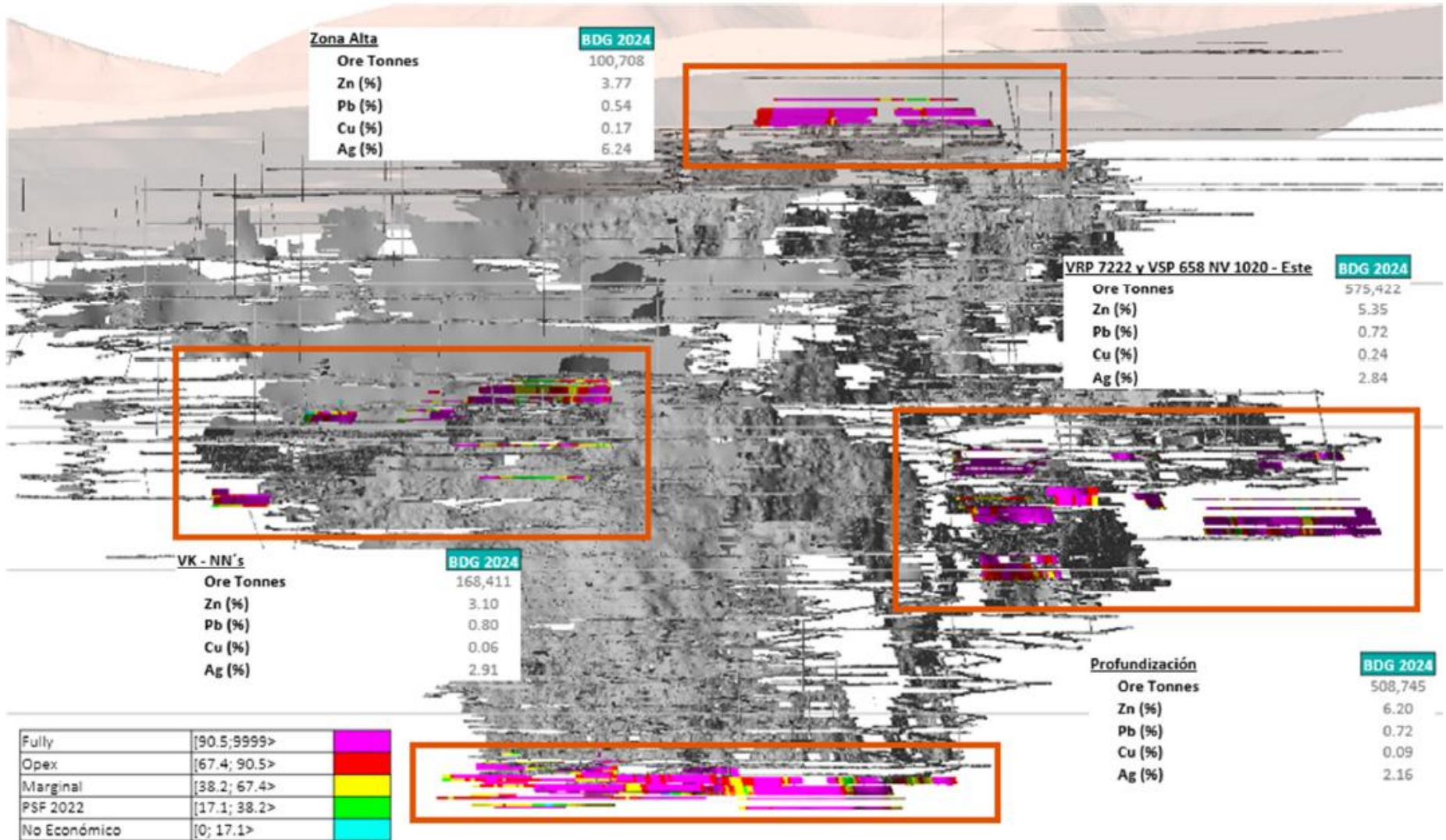
Plan de Desarrollo Minero

Cristóbal obedece y se sustenta en los siguientes lineamientos y propósitos:

- Desarrollo de la RP_SP5_1(-), para la preparación y explotación de la veta 722 y Jimena en los Nv 1420 y Nv 1470.
- Desarrollo de RP_1420, la cual continúa profundizando con respecto a la caja piso de la veta 658, este desarrollo contempla la preparación y explotación de las vetas 658, Venus y Split 658 (Lado Oeste), principalmente.
- Desarrollo de la RP_616__4E, para la veta Split 658 (Lado Este), su desarrollo contempla la preparación y explotación de los Nv 1420 y Nv 1470.
- Desarrollo del By-pass 300 y RP_300, para la preparación del Nv 820 y Nv 870, de las vetas H, I y J.
- Desarrollo de la RP_617(+), para la preparación ascendente de la veta Ramal Piso 722 en el Nv 1020
- Debido a la mineralización en la Zona alta (Este – Oeste) las labores de desarrollo y preparación deberán continuarse con el objetivo de alcanzar una producción tempranamente cuando todavía se encuentren realizando los trabajos de profundización.
- Con una distancia de 60 m se deben ubicar los niveles principales de manera que se pueda tener 3 bancos para tejeos de 15 m de altura en cada nivel.
- En el Nv 1370 se ejecutan zonas de profundización y Nv 1420, las rampas de profundización RP_616_4E, RP_SP5 y RP_1420 los By-Passes, cruceros y accesos del Nivel 14200, se proyecta la explotación de las Veta 722, Veta Jimena, Veta 658, Veta Venus y Veta Split 658 por Bench and Fill (AVOCA) principalmente, hasta alcanzar económicamente el fondo de la mineralización contando con los inferidos.

- Para generar espacios vacíos en los sectores inferiores la forma de la preparación y la explotación será ascendente iniciando en los niveles inferiores hasta los superiores, para rellenar estos espacios vacíos se usarán los escombros que se generen como parte del desarrollo en las secciones superiores.
- Al ubicar adecuadamente los accesos se puede lograr una fluidez mayor en los ciclos de minado, así como también ubicando eficientemente las chimeneas de ventilación, cámaras de acumulación de relleno y servicios. adicionalmente se debe disponer de accesos independientes para los equipos, en cada uno de los sectores de la explotación, esta manera se evita que en los equipos se concentre en áreas reducidas dificultando las tareas.
- Obtener los mayores rendimientos de los equipos LHD, por las distancias de acarreo apropiada para estos equipos.

Figura 11. Longitudinal plan de producción



4.2.2. Estrategia de Desarrollo y Preparación

Desarrollo Mina

El desarrollo de estas labores se basará en la profundización por medio de una rampa a nivel de la caja piso en la zona de la estructura de mineralización, estas secciones deben tener 4.50m x 4.50m de dimensiones, además deben contar con pendientes negativas de 12%, en promedio el avance mensual debe alcanzar los 70 metros; la distancia entre los niveles es de 562 metros y la distancia vertical es de 60 metros en los principales niveles.

Se considera un By Passes antes del minado como parte del desarrollo de las labores con secciones de 4.50m x 4.50m, esto se debe ejecutar antes de los accesos con dimensiones de 3.8m x 4.0m cuyo inicio es la rampa principal de profundización, con una orientación paralela al rumbo de la estructura mineralizada y 1% pendiente en positivo, también se tiene en cuenta la infraestructura de inicio a fin necesaria para el sistema de drenaje y bombeo, adicionalmente las chimeneas Raise Borer y carguío de mineral usando cámaras de 4.0m x 4.0m pr sección y una longitud máxima de 20 metros.

Preparación Mina

En el piso del último nivel comienza la preparación continuando en las rampas de profundización. Para ello se debe ingresar por cada uno de los segmentos By – Pass principal del último nivel, se usan los accesos negativos hasta interceptar la veta en el sector de la cota piso en el subnivel tercero.

Cuando la veta haya sido cortada se construirá el en el Piso 3 el Subnivel siguiendo el rumbo de la estructura mineralizada en varios frentes.

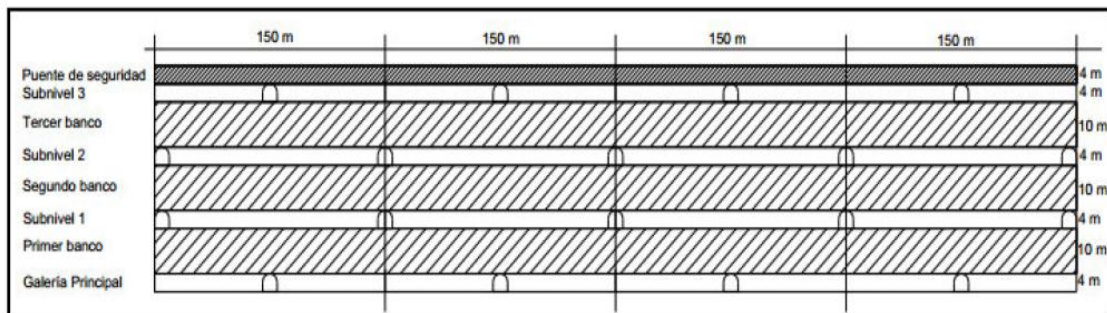
Este subnivel deberá tener una sección de 3.8m x 4.0m de ancho y alto mínimamente, estas dimensiones pueden ser ampliadas cuando la veta sea más grande.

Conforme se avance en la profundización se tendrá acceso a los pisos de los subniveles primer y segundo. Para alcanzar ese objetivo se debe

instalar inicialmente el by pass en la roca estéril a novel intermedio, con una orientación paralela a la estructura de la veta, a lo largo de toda la delimitación. Posteriormente, se debe construir los accesos positivos en la intercesión de la veta del segundo nivel, entre los accesos del subnivel superior en un punto intermedio, partiendo de esos cortes se construye el segundo subnivel.

Por otro lado, el by pass también permite contruir los accesos negativos, orientados a la intercesión de la veta en el Piso 1, usando la dirección de los accesos del Segundo Subnivel y a partir de esas intersecciones se levanta el Primer Subnivel, orientado por la la estructura mineralizada.

Figura 12. Esquema típico de un block de minado por Bench and Fill (avoca)



Subniveles de explotación

Al interior de la estructura de mineralización de las vetas se ejecutan las excavaciones de los subniveles, Estas estructuras deben explotarse usando el método Bench and Fill (AVOCA).

Con el fin de delimitar los bancos de explotación se construyen estos subniveles, que parten desde la galería en el nivel principal, para así completar los 3 subniveles del sector superior conformando puentes con una altura de 15 m entre cada subnivel. En el sector final sí instala un puente de seguridad con una altura de 5 m, que se ubica entre el nivel superior y el tercer nivel.

La dimensión estándar para un subnivel es de 3.8m de ancho x 4.0m de altura. Si la veta presenta una potencia mayor en su nivel deberá tener una

sección ancha más grande. estos subniveles son usados para sistemáticamente explotar el mineral que se encuentre en cada Banco, para ello se usan taladros como orientación vertical y paralelos al buzamiento de la veta y a las voladuras parciales que pueden alcanzar una longitud desde los 4.5 a 6.0m llegando incluso a los 20m. Posteriormente, en los espacios abiertos debe ser restituida la estabilidad usando material detrítico para rellenarlos.

De acuerdo con cada tipo de labor se consideran los siguientes rendimientos;

By – Pass 1% 60 m/mes

Acceso – Galería 1% 50 m/mes

Galería – Subniveles 1% 70 m/mes

Rampa Principal 12% 50 m/mes

Chimeneas Rb 80 °– 90° 100 m/mes

Acceso – Rampa 1% 50 m/mes

4.2.3. Sistema de ventilación

En el caso de las operaciones mineras en San Cristóbal se usa una ventilación mecanizada es generada por ventiladores principales los cuales generan la presión adecuada que direccionará el aire fresco hacia las zonas más profundas de la operación desde las bocaminas las chimeneas en la sección superficial.

En esta mina se pueden distinguir dos zonas diferenciadas para la explotación, la zona alta y la zona baja. Estas se conectan por medio de rampas principales, o cruceros, galerías, by pass, chimeneas entre otros.

El aire ingresa por el acceso de las labores en desarrollo que se encuentran a lo largo de toda la mina, sin embargo, para extraer he viciado se emplea un sistema independiente.

Los ventiladores que se usan en el sistema principal cuentan con una capacidad de 100 Kcfm, 110 Kcfm y 400 Kcfm.

Tabla 7. Ventiladoras del circuito principal

ITEM	MINA	CODIGO	EMPRESA	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN	ESTADO	FUNCIÓN	TIPO DE VENTILADOR
1	SC	VEN-0229-YA	VOLCAN	AIRTEC	400	150,000	CHUMPE RB. 999	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
2	SC	VEN-0056-YA	VOLCAN	AIRTEC	300	110,000	CHUMPE RB 206	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
3	SC	VEN-0069-YA	VOLCAN	HOWDEN	300	110,000	CHUMPE RB 888	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
4	SC	VEN-0124-YA	VOLCAN	ALPHAIR	700	400,000	CAMARA DE VENTILACION NV730	NV-730	OPERATIVO	Principal	AXIAL
5	SC	VEN-0131-YA	VOLCAN	JOY	250	100,000	Pie RB. 810 x XC_810	NV-820	OPERATIVO	Principal	AXIAL
6	SC	VEN-0164-YA	VOLCAN	AIRTEC	300	110,000	CABEZA RB-208 CHUMPE	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
7	SC	VEN-0165-YA	VOLCAN	AIRTEC	300	110,000	CABEZA RB-208 CHUMPE	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
8	SC	VEN-0201-YA	VOLCAN	ZITRON	300	110,000	RB 616 POLVORIN SC	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
9	SC	VEN-0214-YA	VOLCAN	ZITRON	400	150,000	EX-PIQUE PORVENIR, RB-194	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL

Teniendo en cuenta la operatividad del sistema las condiciones adecuadas, se mantiene en 5 circuitos de ventilación que se usan para extraer el aire viciado en las zonas de trabajo, a continuación, se detallan estos circuitos;

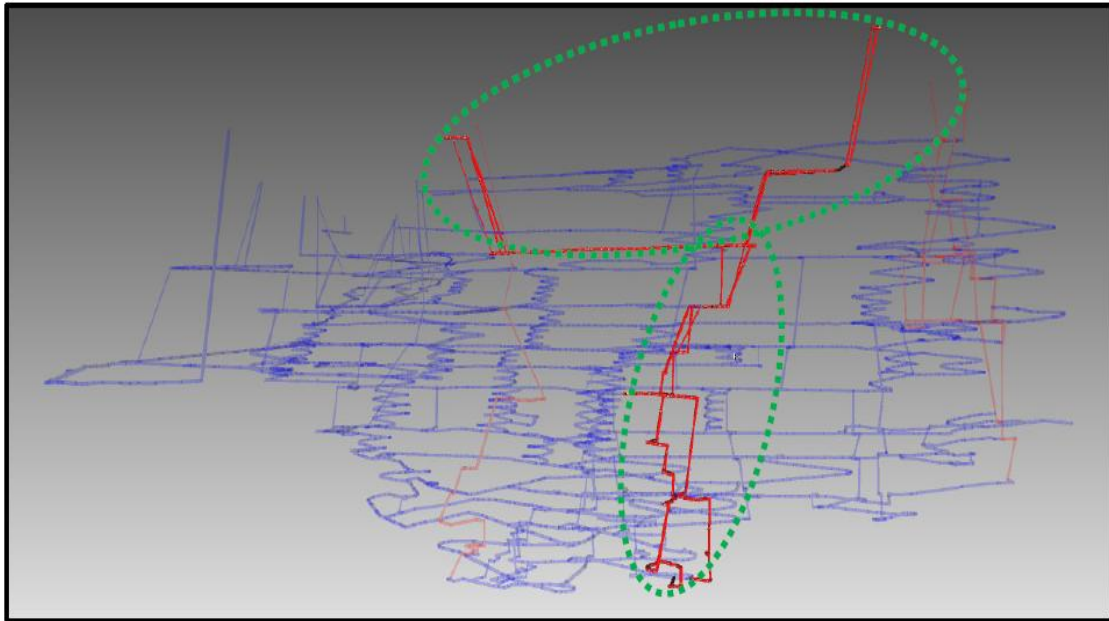
A) Circuito 1

Este circuito se emplea para extraer el aire de las labores que se ubica en el sector de profundización de la mina, el que corresponde a la RP616 (-) en los niveles 1270, 1320 Y 1370. De igual manera se procede en la zona de la RP_1220_4 en los niveles de 1270, 1320. como parte de este circuito se usan las chimeneas de extracción RB_920 y la RB_778.

Tabla 8. Ventiladora del circuito 1

ITEM	MINA	CODIGO	EMPRESA	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN	ESTADO	FUNCIÓN	TIPO DE VENTILADOR
4	SC	VEN-0124-YA	VOLCAN	ALPHAIR	700	400,000	CAMARA DE VENTILACION NV730	NV-730	OPERATIVO	Principal	AXIAL

Figura 13. Circuito N° 01



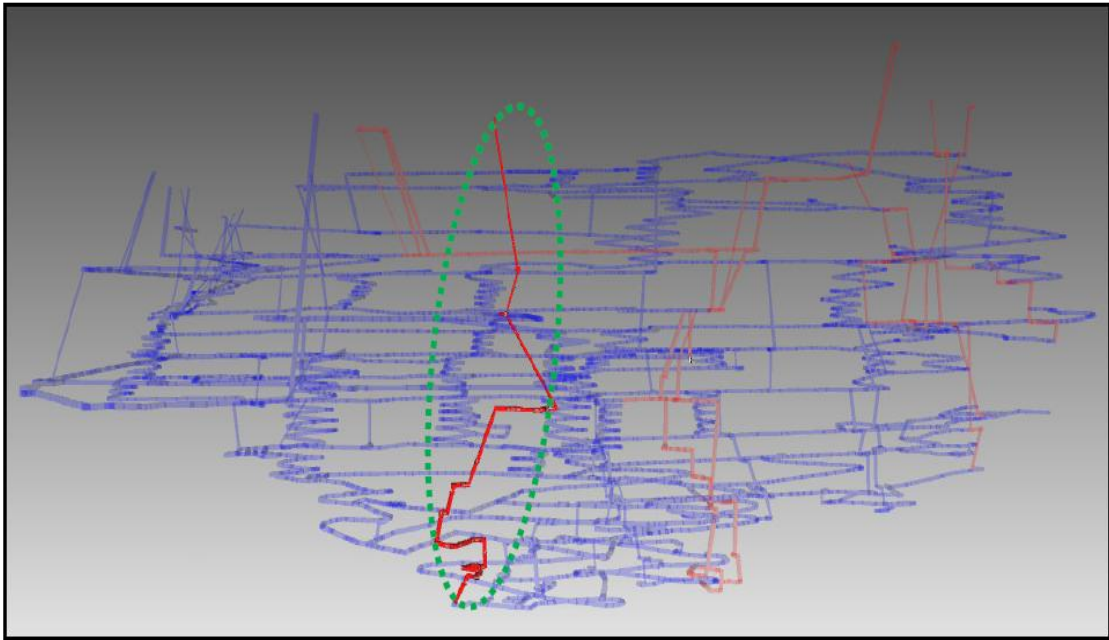
B) Circuito 2

Este es el sistema principal de extracción y es empleado en labores de profundización en la RP1220-4, En la actualidad se extrae el aire a partir del Nv1320 por medio de una chimenea RB-043, la que emplea un ventilador con la capacidad de extraer 110,000 cfm en la cabeza de la chimenea RB_616 en superficie.

Tabla 9. Ventiladora del circuito 2

ITEM	MINA	CODIGO	EMPRESA	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN	ESTADO	FUNCIÓN	TIPO DE VENTILADOR
8	SC	VEN-0201-YA	VOLCAN	ZITRON	300	110,000	RB 616 POLVORIN SC	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL

Figura 14. Vista del circuito N° 2



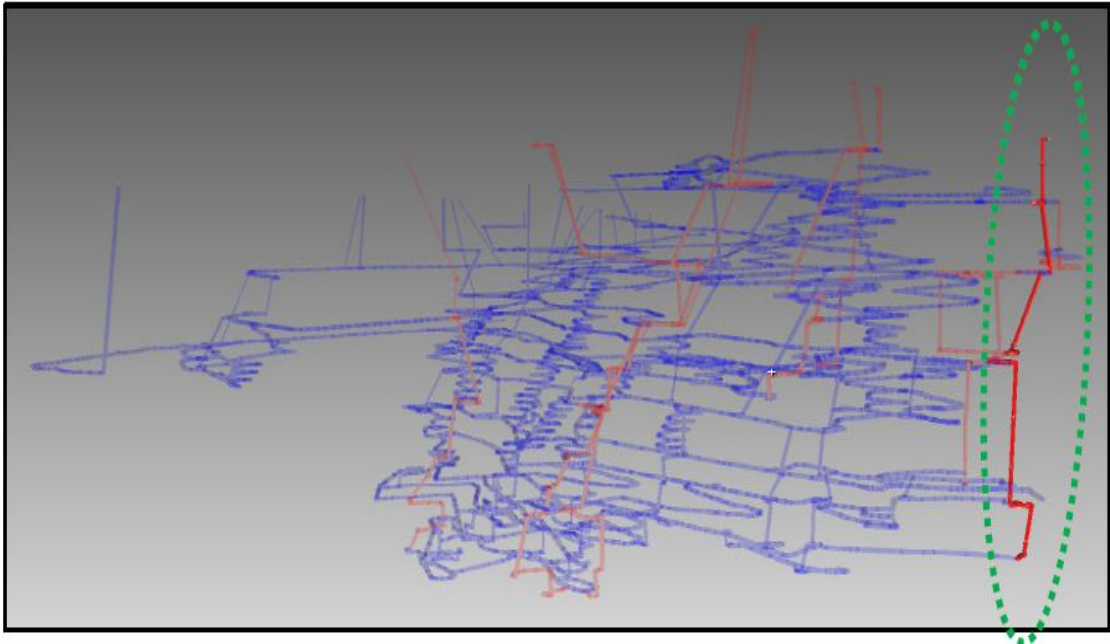
C) Circuito N° 3

En las labores en el Nv 1170 Ubicadas en el extremo Este de la Veta SPLT-658 se emplea este circuito, el cual también se emplea para profundizar labores en la misma veta en RP617-1E y BP_618-2E. Como parte de este circuito se utiliza un par de ventiladores de manera principal con una capacidad de extracción de 110,000 cfm y de 150,000 cfm, ubicados en la cabeza de RB-888 (Superficie).

Tabla 10. Ventiladores del circuito 3

ITEM	MINA	CODIGO	EMPRESA	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN	ESTADO	FUNCIÓN	TIPO DE VENTILADOR
1	SC	VEN-0229-YA	VOLCAN	AIRTEC	400	150,000	CHUMPE RB. 999	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
3	SC	VEN-0069-YA	VOLCAN	HOWDEN	300	110,000	CHUMPE RB 888	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL

Figura 15. Vista del circuito N° 3



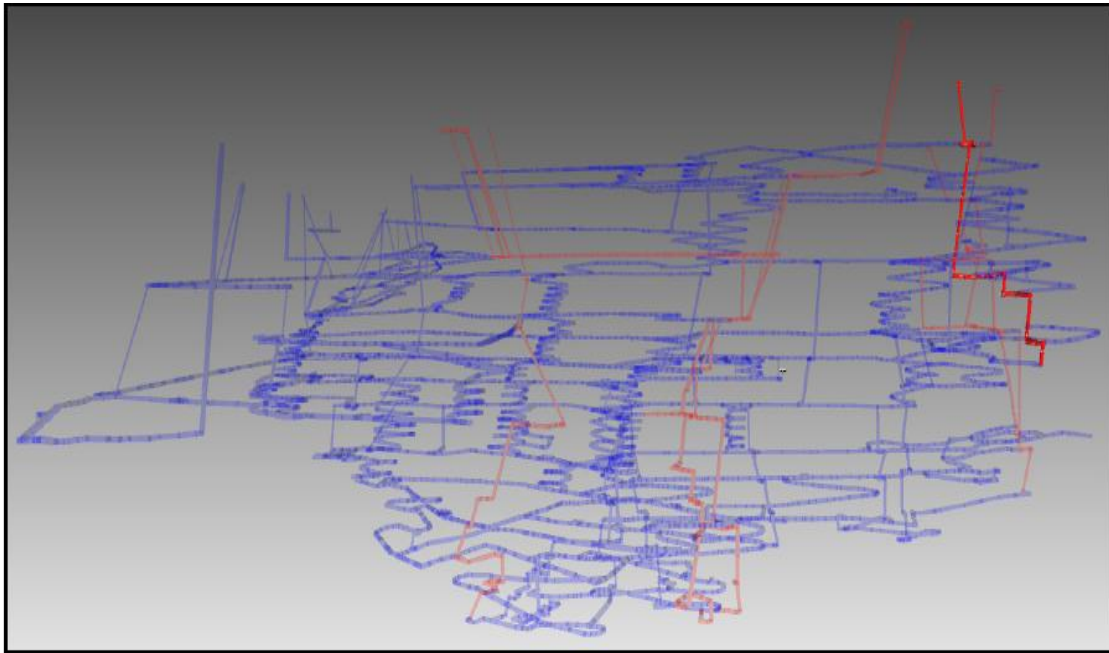
D) Circuito N° 4

En la rampa 314 en los niveles 780 y 820 de la zona baja se emplea este circuito que utiliza un ventilador extractor con capacidad de 110 Kcfm en la cabeza de los RB 206.

Tabla 11. Ventiladora del circuito 4

ITEM	MINA	CODIGO	EMPRESA	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN	ESTADO	FUNCIÓN	TIPO DE VENTILADOR
2	SC	VEN-0056-YA	VOLCAN	AIRTEC	300	110,000	CHUMPE RB 206	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL

Figura 16. Vista del circuito N° 4



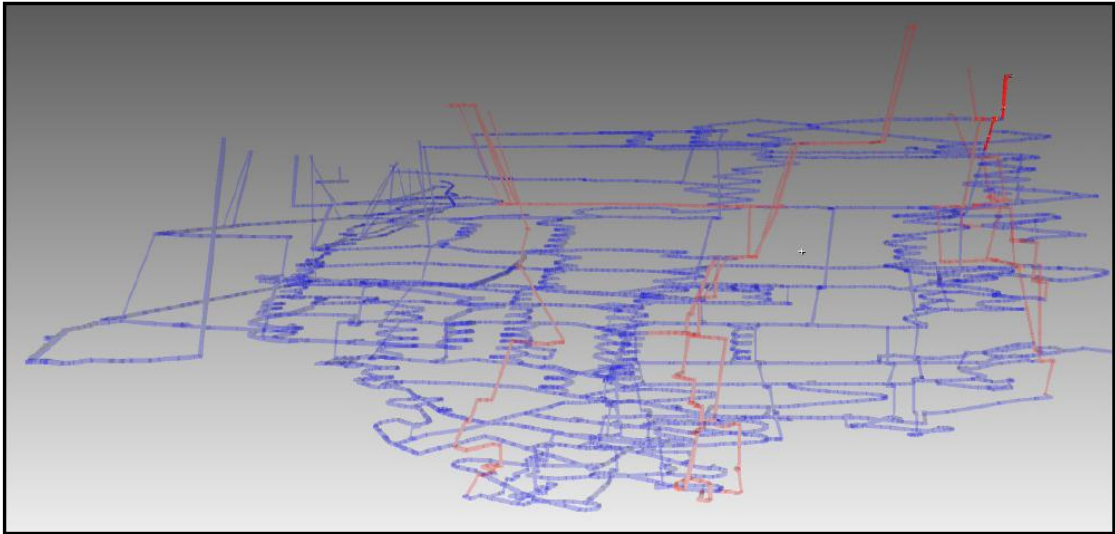
E) Circuito N° 5

En zona de Ferramina entre los niveles 340 y 390 se emplea este circuito, el cual utiliza un par de ventiladores con una capacidad de 110 Kcfm para la extracción de aire, en la cabeza de los RB 208.

Tabla 12. Ventiladores del circuito 5

ITEM	MINA	CODIGO	EMPRESA	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	ZONA DE ACCIÓN	ESTADO	FUNCIÓN	TIPO DE VENTILADOR
6	SC	VEN-0164-YA	VOLCAN	AIRTEC	300	110,000	CABEZA RB-208 CHUMPE	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL
7	SC	VEN-0165-YA	VOLCAN	AIRTEC	300	110,000	CABEZA RB-208 CHUMPE	SUPERFICIE	OPERATIVO	Principal	AXIAL

Figura 17. Vista del circuito N° 5



4.2.4. Resumen circuito por zonas

Zona alta

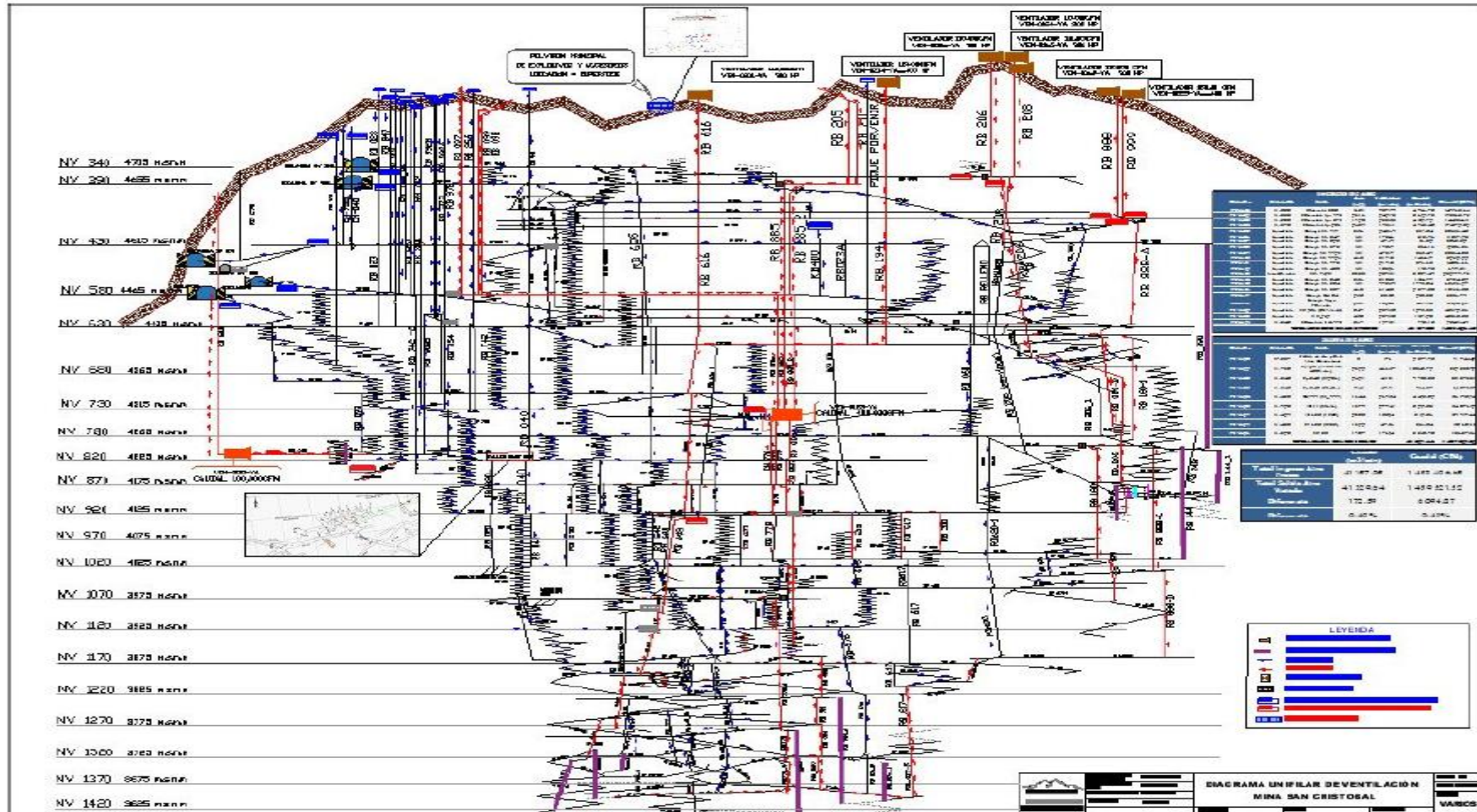
Las labores Ubicadas en los niveles 580 y 1020 Nv Componen esta zona, en la que se emplea el circuito de extracción número 5. en este caso el aire viciado es extraído por las chimeneas RB208, usando un par de ventiladores con una capacidad de 110,000 cfm se ubican en la parte superior.

Zona baja

En esta zona se emplea el circuito de extracción número cuatro y se utiliza la chimenea RB206, este circuito alcanza a llegar al nivel 820, en este momento la extracción de aire que se realiza por este circuito corresponde al entorno de la RP_314(-).

Los circuitos 1 2 y 3 se emplean para extraer en el aire de la zona de profundización. este circuito alcanza a llegar al nivel 1320, el cual cubre las labores que se ubican en RP_616_4, RP_1220_4 y RP_SP5.

Figura 18. Plano unifilar de ventilación Mina San Cristóbal



4.2.5. Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación

Zona alta

Se deben ejecutar lo siguientes proyectos Raise Boring, en el plazo establecido, para asegurar óptimas condiciones de ventilación en la zona alta:

Tabla 13. Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación zona alta

ITEM	CHIMENEA	Longitud(m)	Diámetro(m)	Ingreso / Salida	Maquina	Objetivo	Zona	Mina
1	RB_001	68.3	3.6	Salida	1	Zona de Ferramina	I	MSCR
2	RB_002	31.5	2.4	Salida	2	Zona de Ferramina	I	MSCR
3	RB_003	30.2	2.4	Salida	1	Zona de Ferramina	I	MSCR
7	RB_007	54.4	3.6	Salida	1	Zona Sheyla nivel 1020, RP 314 W	i	MSCR
8	RB_008	287.6	3.6	Salida	2	Zona V. NN	I	MSCR
9	RB_009	168	3.6	Salida	1	Zona V. NN	I	MSCR
10	RB_010	105.8	3.6	Salida	2	Zona V. NN	I	MSCR
13	RB_013	32.2	3.6	Salida	1	Zona veta K	I	MSCR
14	RB_014	27.4	3.6	Salida	2	Zona veta K	I	MSCR
TOTAL		805.4						

Zona baja

Se deben ejecutar lo siguientes proyectos Raise Boring, en el plazo establecido, para asegurar óptimas condiciones de ventilación en la zona baja:

Tabla 14. Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación zona baja

ITEM	CHIMENEA	Longitud(m)	Diámetro(m)	Ingreso / Salida	Maquina	Objetivo	Zona	Mina
4	RB_004	149.7	3.6	Salida	2	Zona Sheyla nivel 1020	II	MSCR
5	RB_005	82.6	3.6	Salida	1	Zona Sheyla nivel 1020, RP 314 W	II	MSCR
6	RB_006	40.9	2.4	Salida	2	Zona Sheyla nivel 1020, RP 314 E	II	MSCR
11	RB_011	85	3.6	Salida	1	Zona veta Split 658	II	MSCR
12	RB_012	65.5	3.6	Salida	2	Zona veta Split 658	II	MSCR
15	RB_015	32.5	3.6	Salida	1	Zona veta Split 658	II	MSCR
16	RB_016	38.2	3.6	Salida	2	Zona veta Split 658	II	MSCR
17	RB_017	72.8	3.6	Salida	1	ZONA VETA 5658, RP 614-4W	II	MSCR
18	RB_920_4	242	3.6	Salida	2	ZONA VETA 5658, RP 614-4E	II	MSCR
TOTAL		809.2						

4.2.6. Monitoreo caudal ingreso – salida

Ingreso aire

El ingreso de aire fresco fue evaluado en 21 puntos que a continuación se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla 15. Caudal de ingreso de aire

INGRESO DE AIRE						
Estación	Ubicación	Labor	Área (m ²)	Velocidad (m/min)	Caudal (m ³ /min)	Caudal (CFM)
PVM-01	Nv.500	Bocamina 300	16.51	257.22	4,246.70	149968.64
PVM-02	Nv.580	Bocamina Rp. 995	23.16	242.78	5,622.78	198563.75
PVM-03	Nv.500	Bocamina Rp. 578	17.20	238.53	4,102.72	144884.11
PVM-04	Nv.390	Bocamina Bp.206	24.89	198.61	4,943.40	174572.02
PVM-05	Superficie	Cabeza RB. 919	3.56	243.69	867.54	30636.45
PVM-06	Superficie	Cabeza RB. 847	1.81	173.46	313.96	11087.23
PVM-07	Superficie	Cabeza RB. 023	1.81	47.69	86.32	3048.32
PVM-08	Superficie	Cabeza RB. 373	1.81	195.67	354.16	12506.86
PVM-09	Superficie	Cabeza RB. 992B	1.81	478.17	865.49	30564.05
PVM-10	Superficie	Cabeza RB. 992A	4.68	317.13	1,484.17	52412.22
PVM-11	Superficie	Cabeza RB. 978	1.81	219.13	396.63	14006.66
PVM-12	Superficie	Cabeza RB. 400	1.81	108.26	195.95	6919.81
PVM-13	Interior mina	RB. 742B	30.88	259.31	8,007.49	282777.78
PVM-14	Superficie	Cabeza RB. 040	3.56	310.33	1,104.77	39014.02
PVM-15	Superficie	Cabeza RB. 304	1.81	993.39	1,798.04	63496.27
PVM-16	Superficie	Cabeza RB. 857	4.68	614.85	2,877.50	101616.50
PVM-17	Superficie	Cabeza CH. 04	2.85	88.00	250.80	8856.79
PVM-19	Superficie	Cabeza Pique Porvenir	2.57	182.08	467.95	16525.26
PVM-32	Superficie	RB 256 (03 Marias)	5.47	289.30	1,293.33	45672.86
PVM-33	Superficie	RB 742	4.00	289.30	1,157.20	40865.55
PVM-21	Nv.340	Bocamina Gal.990	5.67	127.01	720.15	25431.49
TOTAL INGRESO DE AIRE FRESCO					41,157.05	1,453,426.65

Salida aire viciado

La descarga de aire viciado fue evaluada en 9 puntos ubicados entre rampas que emplean bocaminas y chimeneas para conectarse a la superficie.

Tabla 16. Caudal de salida de aire viciado

SALIDA DE AIRE						
Estación	Ubicación	Labor	Área (m ²)	Velocidad (m/min)	Caudal (m ³ /min)	Caudal (CFM)
PVM-20	RP.387	Salida de aire por la Mina Carahuacra	15	174	2,597.95	91,744.42
PVM-22	Nv.730	Bp.123 (Ventilador 400kcfm)	23.22	466.87	10,840.72	382,830.92
PVM-30	Nv.340	Bp.340 (RB206)	24.21	411.01	9,950.55	351,395.31
PVM-28	Nv.340	Bp.340 (Porton)	19.41	49.71	964.87	34,073.57
PVM-24	Nv.430	Ca 999 (RB_999)	16.44	269.04	4,423.02	156,195.24
PVM-25	Nv.920	XC 11 (RB616)	18.79	277.41	5,212.53	184,076.12
PVM-27	Nv.429	XC 635 (RB88)	20.05	155.24	3,112.56	109,917.44
PVM-29	Nv.430	BP 635 (RB88)	18.22	47.56	866.54	30,601.13
PVM-26	Nv.820	RB 810	19.07	176.24	3,360.90	118,687.36
TOTAL SALIDA DE AIRE VICIADO					41,329.64	1,459,521.52

4.2.7. Requerimiento de Aire

A) Requerimiento por personal

Tabla 17. Requerimiento de aire por personal

LISTA PERSONAL					
PLANILLA		Guardia A (Día)	Guardia B (Noche)	Guardia C (Libres)	Total
Personal	Cía	122	98	116	336
	Contratista	321	284	296	901
TOTAL		443	382	412	1237
CAUDAL DE AIRE		m ³ /min	CFM		
		2,658.00	93,865.04		

B) Requerimiento por consumo de madera

No se utiliza madera para las labores de desarrollo, preparación y explotación en mina San Cristóbal, por tanto, el caudal requerido por consumo de madera es cero.

C) Requerimiento por niveles que presentan temperatura mayor a 24

Tabla 18. Requerimiento por temperaturas

Requerimiento por Temperatura	Velocidad Mínima (m/min)	Área Prom. (m ²)	N° de niveles con temperaturas entre 24°C - 29°C	Caudal m ³ /min	Caudal cfm
QTe	30	15.28	3	1,375.20	48,563.81

E) Requerimiento por fugas

Tabla 20. Requerimiento por fugas

QTr (cfm)	QTe (cfm)	QEq (cfm)	QFu (QTr+QTe+QEq, cfm)
93,865	48,564	967,490	166,488

F) Resumen de requerimiento de aire fresco

Tabla 21. Resumen de requerimiento de aire fresco

Distribución Requerimientos	m3/min	cfm
QTr: N° Trabajadores (443 trabajadores/gd)	2,658.00	93,865.04
QTe: Temperatura en labores de trabajo	1,375.20	48,564.03
QEq: Equipos con motor petrolero (equipos 16,225 t	27,396.01	967,467.09
QFu: Caudal requerido por fugas	4,714.38	166,484.42
Caudal Requerido QTr+QTe+QEq+QFu	36,143.59	1,276,380.59

Resumen mediciones

Tabla 22. Resumen de mediciones

Cobertura de Aire		
Distribución de Aire	m3/min	cfm
Total de aire requerido	36,143.59	1,276,380.59
Ingreso de aire	41,157.05	1,453,426.65
Cobertura (%)		113.87%

Cronograma ejecución chimeneas RB 2024

Para el año 2024 se propuso el siguiente cronograma, que considera ejecutaron las chimeneas como con el argumento determinante que mejore y mantenga el circuito principal de ventilación, con especial énfasis en la veta SP_658, RP_722 y en la veta K, Las cuales son sectores con mayores aportes en la operación de la unidad San Cristóbal.

Tabla 23. Cronograma ejecución chimeneas RB 2024

BUDGET 2024																				
ITEM	CHIMENEA	ingreso	(diámetro)	profundidad / Sa	equipo	Objetivo	Zona	Mina	Ene-24	Feb-24	Mar-24	Abr-24	May-24	Jun-24	Jul-24	Set-24	Oct-24	Nov-24	Dic-24	
1	RB_001	68.3	3.6	Salida	1	Zona de Ferramina	I	MOCR												
2	RB_002	31.5	2.4	Salida	2	Zona de Ferramina	I	MOCR												
3	RB_003	30.2	2.4	Salida	1	Zona de Ferramina	I	MOCR												
4	RB_004	149.7	3.6	Salida	2	Zona Shejla nivel 1020	III	MOCR												
5	RB_005	82.6	3.6	Salida	1	Zona Shejla nivel 1020, RP 314 W	III	MOCR												
6	RB_006	40.9	2.4	Salida	2	Zona Shejla nivel 1020, RP 314 E	III	MOCR												
7	RB_007	54.4	3.6	Salida	1	Zona Shejla nivel 1020, RP 314 W	I	MOCR												
8	RB_008	207.6	3.6	Salida	2	Zona V. NN	I	MOCR												
9	RB_009	168	3.6	Salida	1	Zona V. NN	I	MOCR												
10	RB_010	105.8	3.6	Salida	2	Zona V. NN	I	MOCR												
11	RB_011	85	3.6	Salida	1	Zona veta Spñt 650	III	MOCR												
12	RB_012	65.5	3.6	Salida	2	Zona veta Spñt 650	III	MOCR												
13	RB_013	32.2	3.6	Salida	1	Zona veta K	I	MOCR												
14	RB_014	27.4	3.6	Salida	2	Zona veta K	I	MOCR												
15	RB_015	32.5	3.6	Salida	1	Zona veta Spñt 650	III	MOCR												
16	RB_016	38.2	3.6	Salida	2	Zona veta Spñt 650	III	MOCR												
17	RB_017	72.8	3.6	Salida	1	ZONA VETA 9650, RP 614-4W	III	MOCR												
18	RB_920_4	242	3.6	Salida	2	ZONA VETA 9650, RP 614-4E	III	MOCR												
19	RB_018	44.9	3.6	Salida	2	Explotación de la veta Luisa, Nv 820	III	MCA												
20	RB_019	35.2	2.4	Salida	1	Explotación de la Veta Lourdes y Katherine, Nv 1020	III	MCA												
21	RB_020	100.5	3.6	Salida	2	Explotación de la Veta Susana, Nv 1280	III	MCA												
22	RB_021	26.4	2.4	Salida	1	Explotación de la Veta Susana, Nv 1070 al 1120	III	MCA												
23	RB_022	71.6	3.6	Salida	2	Explotación de la Veta Mary y profundización de RP 115, Nv 1450	III	MCA												
	TOTAL	1893.2																		

4.2.8. Balance de aire

El ingreso de aire fresco en mina San Cristóbal es de 1,453,426.65 CFM, y el requerimiento de aire fresco es de 1,276,380.59 CFM, por tanto, la cobertura de aire en la mina es del 113.87%. Para que la cobertura de aire llegue a todas las zonas de la mina, es importante que se cumpla con los proyectos de infraestructura en ventilación, según el cronograma que forma parte de este informe.

Equipos Mina

En esta unidad la flota está conformada por 71 equipos, entre el operador principal y los contratistas. de los cuales 35 pertenece a la flota de la empresa Volcan, y los restantes a las empresas contratistas.

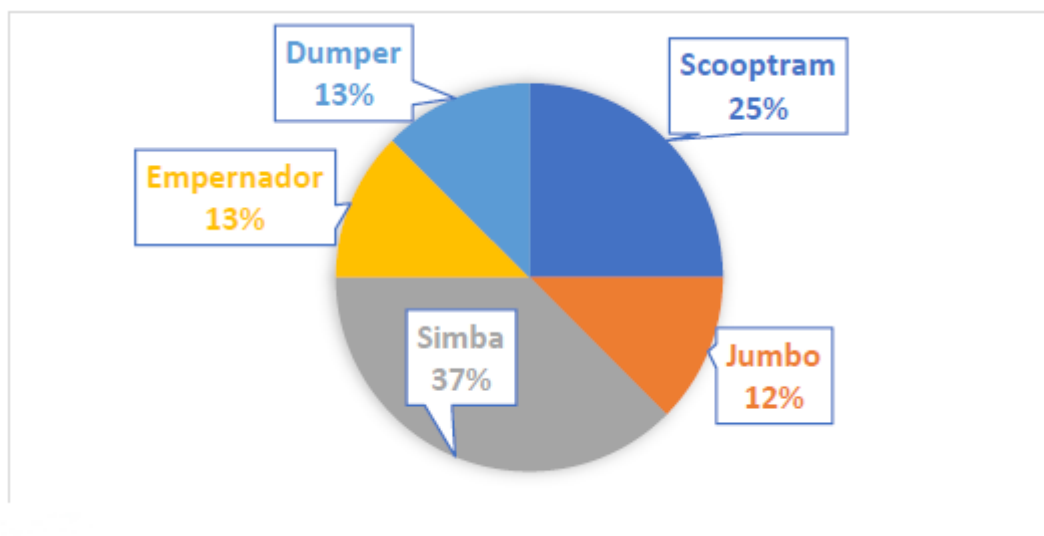
En la actualidad los equipos están concentrados en operar las labores relacionadas con las actividades unitarias de perforación para frentes y tajos, limpieza o carguío de mineral, acarreo, transporte, mantenimiento de vías, sostenimiento, servicios de personal, etc.

Tabla 24. Flota de equipos mina San Cristóbal

EQUIPOS	TERCEROS	VOLCAN	TOTAL
Scooptram	12	4	16
Jumbo	6	2	8
Simba	0	6	6
Empernador	7	2	9
Dumper	0	2	2
Lanzador	5	0	5
Mezclador	12	0	12
Otros			
Total General	42	1	58

De los 16 equipos de la flota de Volcan S.A.A, lo conforman equipos de limpieza, como scooptram Atlas Copco de 6 Yds3 y 4,2 Yd3 de capacidad; equipos de perforación (Frontoneros) para frentes horizontales e inclinados como los Jumbo Atlas Copco modelo RB-281, SID, H282; equipos para perforación de taladros largos como los Simbas Atlas Copco modelo S7D y H1254; equipos para la actividad de sostenimiento como los Empernadores Atlas Copco, modelo Boltec 235 y la marca Sandvik modelo DS311; equipos para desate de rocas como los Scaler, marca PAUS, modelo RL852TSL. Esta distribución se muestra en la Figura 19.

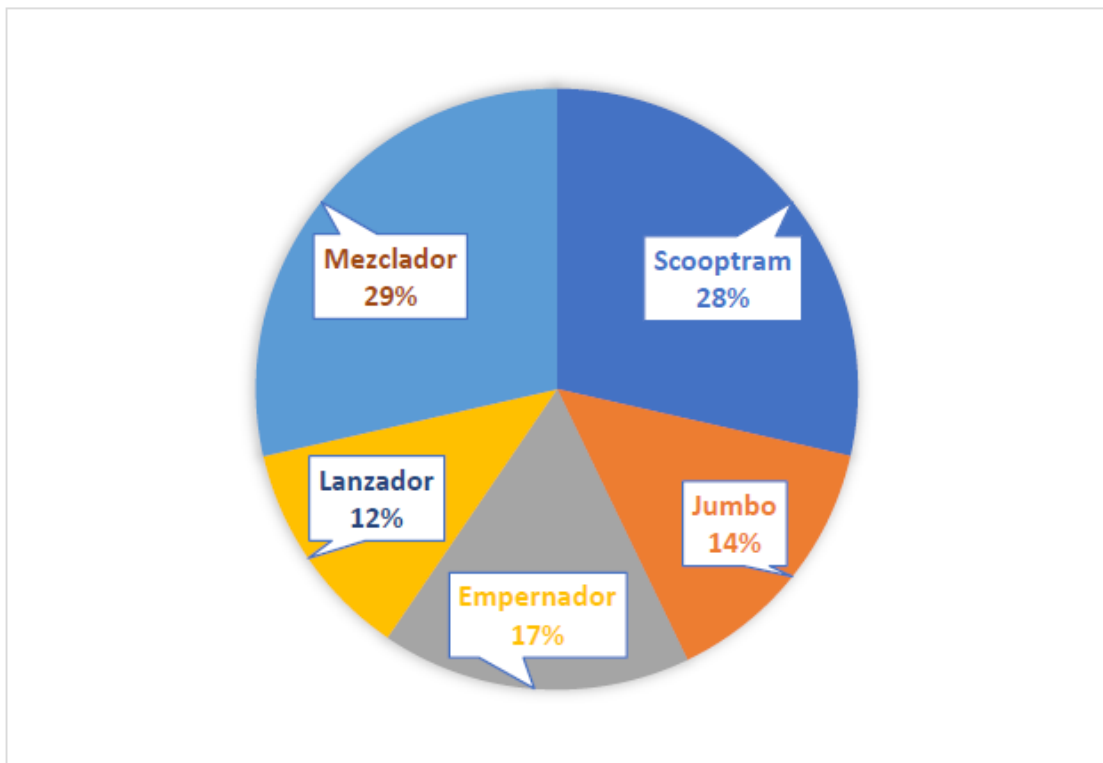
Figura 19. Flota de equipos de Volcan S.A.A.



Los equipos de las Empresas Especializadas o Terceros al igual que los equipos de Volcan S.A.A, prestan servicios en las diferentes actividades unitarias para

los avances y explotación. La flota lo conforman los equipos de bajo perfil, scoptrams para el carguío de mineral y desmonte; los Jumbos para la perforación de avances; los equipos mezcladores y lanzadores de concreto para el sostenimiento con chotcreate y el Empernador de roca para el reforzamiento del macizo rocoso. Ver Figura 20

Figura 20. Flota de equipos empresa especializada



CONCLUSIONES

1. La infraestructura de ventilación actual está alineado a las necesidades de la operación, la cobertura actual es del 113.87%. El sistema actual permite una evacuación de aire viciado de acuerdo con las necesidades operativas.
2. Es importante concluir con limpieza de carga del XC 810 nivel 820, en zona veta K para la instalación de segundo ventilador de 110,000 cfm en paralelo, esto conllevará que este circuito permitirá mejorar las condiciones de ventilación y evitar la recirculación de aire viciado.
3. Para que las caídas de presión sean mínimas, cada vez que se profundiza la Mina, se recomienda que los diámetros de chimeneas proyectadas sean de 12' (3.6m). Esto con el propósito de generar la menor resistencia para el sistema de Ventilación, ya que los sistemas de vetas son complejos, lo cual no permite la ejecución de Raice Boring, de gran longitud. Se tienen altas pérdidas por choque en los circuitos de ingreso y salida de aire en la zona.
4. Mina San Cristóbal cuenta con un sistema SCADA para control de ventiladores principales, sistema trabaja de forma remota lo cual permite monitorear en tiempo real el funcionamiento y operatividad de los equipos nates mencionados.

RECOMENDACIONES

1. Para asegurar una adecuada ventilación de mina San Cristóbal es indispensable cumplir con las fechas de ejecución de los Raise Boring, y la preparación de infraestructura para el desarrollo de las mismas, como son Cámaras, pozas y subestaciones eléctricas.
2. El minado debe ir de la mano junto con la ejecución de proyectos de ventilación, para dar las condiciones adecuadas de trabajo a la operación.
3. Para asegurar que se cumpla con el metraje programado para los proyectos Raise Boring, será necesario contar con dos máquinas RB, permanentemente en Mina San Cristóbal, durante el año 2024

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baena , G. (2017). Metodología de la investigacion. En G. E. PATRIA (Ed.).
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigacion* (Tercera edicion ed.). (P. Educacion, Ed.)
- Carabajo, C. (2015). *Diseño del Circuito de ventilación de la zona norte de la mina cabo de hornos, ubicada en el distrito Aurífero - Polimetálico Portovelo - Zaruma*. [tesis de licenciamiento Universidad Central de Ecuador] repositorio institucional Universidad Central de Ecuador.
- Carpio , D. (2022). “*Optimización del sistema de ventilación en minería subterránea usando VENTSIM*”. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional de Moquegua] repositorio institucional Universidad nacional de Moquegua.
- Castillo, Soto, N. (2022). “Análisis del Sistema de Ventilación y propuesta de mejora para optimizar el Caudal de aire de la minera Aurífera Retamas S.A. Marsa - 2020”. En [. d. Peru. Arequipa Peru.
- Centromin - Peru. (1970). Ventilacion de Minas . En R. Ramos Castro. Cerro de Pasco - Peru.
- Coral, D. (2024). “Ampliación de la capacidad del circuito de ventilación para incrementar la cobertura de aire subterráneo en la Mina Contonga de Tierra Group International Ltd.”. En [. d. Peru. Huancayo Peru.
- Diaz, R. (2019). “Optimización del sistema de ventilación como un método de control de la calidad del aire en la mina san rafael, de la región Puno”. En [. d. Arequipa. Arequipa Peru.
- Gamboa, Cotrina, e., & gamboa, cotrina, e. (2021). “*Evaluación de la ventilación empleando el software ventsim para el modelamiento del sistema en una mina subterranea polimetálica en el cerro jesus, hualgayoc 2021*”. [tesis de licenciamiento Universidad Privada del Norte.
- Jimenez, P.(2012)*Ventilación de minas subterráneas y túneles* (1ra ed. ed.). Lima Peru.
- Hernandez, Fernandes, Baptista, R. (2014). *Metodología de la investigacion* (sexta edicion ed.). (M. e. S.A., Ed.)

- Huaman, J. (2020). Mejoramiento del sistema de ventilación subterránea de la mina condor iv, minera el palacio del Cóndor S.A.C. En [. d. Peru. Huancayo Peru.
- Loayza, A. (2021). *“Optimización del sistema de ventilación a corto plazo en la unidad operativa pallancata - Ayacucho”*. [tesis de licenciamiento de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco] repositorio institucional Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2017). Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería , D.S. N° 024-2016-EM, MODIFICADO POR D.S. N° 023-2017-EM.
- Ministerio de energía y minas (MINEM) . (2016). Decreto Supremo N° 024-2016. Lima.
- Ministerio de energía y minas (2012). *D.S. 005-2012-TR. Reglamento de la Ley N°29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.*
- Portilla, R. (2018). *Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica*. [tesis de licenciamiento Pontificia Universidad Católica del Perú] repositorio institucional Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Prevencion Laboral Rimac Seguros . (2018). Formato de un Análisis de seguridad en el trabajo (AST). Prevención Laboral, RIMAC seguros. Disponible en <https://prevencionlaboralrimac.com/Herramientas/ATS>.
- Quispe, E. (2017). “Caracterización y diseño del sistema de ventilación para mejora de la circulación del aire en el proyecto minero immaculada 4 – CIEMSA”. En [. d. Altiplano. Puno - Peru.
- Ricse, R. (2021). *Diseño del circuito de ventilación para evacuar los gases, humo y polvo en suspensión en las labores de la galería principal en la mina artesanal Aurex-Acopalca, Pasco 2018*. [tesis de licenciamiento Universidad Continental]repositorio institucional Universidad Continental.
- Salome, H. (2012). Aplicaciones informáticas en cálculos básicos de seguridad minera y voladura de rocas en minería subterránea para optimizar la seguridad y eficiencia de

- actividades mineras. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Sanchez, Reyes, H. (2006). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*. (E. V. Universitaria, Ed.) Lima.
- Sanchez, Reyes, Mejia, H. (2018). *Manual de terminos de investigacion cientifica, tecnologica y humanistica*. Lima.
- SERNAGEOMIN. (2008). *Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas*. (S. N. (SERNAGEOMIN), Ed.)
- Servicio Nacional de geología y minería (sernageomin) . (2008). guía metodológica de seguridad para proyectos de ventilación de minas. En S. A. Gallardo. Santiago de Chile.
- SUPO, Caveró, F. (2014). *Fundamentos teóricos y procedimentales de la investigación científica en ciencias sociales*. (E. Universitario, Ed.)
- Tejada, Mucha , R. (2022). *Evaluación de las condiciones de ventilación para la actualización del sistema integral de ventilación Unidad Minera Yauricocha*. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- Troncoso, R. (2005), SERNAGEOMIN (Ed.), *Ventilacion*. Santiago - Chile.
- Universidad Politecnica de Madrid. (2019). Introduccion a la ventilacion minera. En J. H. Herbert. Madrid.
- Valarezo, M. (2020). *Diseño del sistema de ventilación en la concesión minera "Cebal" y diseño del sistema de desagüe en la concesión minera "R-Nivel", Zaruma - El Oro*. [tesis de licenciamiento de la Universidad del Azuay] repositorio institucional de la Universidad del Azuay.
- Velez, A. (2017). *Guía de Seguridad para ventilación de minas subterráneas*. Bogota - Colombia.
- Vera, E. (2021). Implementación y simulación del sistema de ventilación con el software ventsim visual en la Mina San Valentín s.a. – Curahuasi – Apurímac - 2019. En [. d. Apurimac. Abancay, Peru.

ANEXOS:

Instrumentos de recolección de datos

Ventiladoras del circuito principal

N°	Mina	Código	Empresa	Marca	Potencia (HP)	Capacidad (CPM)	Ubicación	Zona	Estado	Función	Tipo de ventilador
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Ventiladora del circuito 1

N°	Mina	Código	Empresa	Marca	Potencia (HP)	Capacidad (CPM)	Ubicación	Zona	Estado	Función	Tipo de ventilador
1											

Ventiladora del circuito 2

N°	Mina	Código	Empresa	Marca	Potencia (HP)	Capacidad (CPM)	Ubicación	Zona	Estado	Función	Tipo de ventilador
2											

Ventiladora del circuito 3

N°	Mina	Código	Empresa	Marca	Potencia (HP)	Capacidad (CPM)	Ubicación	Zona	Estado	Función	Tipo de ventilador
3											

Ventiladora del circuito 4

N°	Mina	Código	Empresa	Marca	Potencia (HP)	Capacidad (CPM)	Ubicación	Zona	Estado	Función	Tipo de ventilador
----	------	--------	---------	-------	------------------	--------------------	-----------	------	--------	---------	-----------------------

4												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ventiladora del circuito 5

N°	Mina	Código	Empresa	Marca	Potencia (HP)	Capacidad (CPM)	Ubicación	Zona	Estado	Función	Tipo de ventilador
5											

Trabajos de mejora por zonas en circuitos de ventilación zona alta

Item	CHIMENEA	Longitud (m)	Diámetro (m)	Ingreso/ Salida	Maquina	Objetivo	Zona	Mina
1								
2								
3								
7								
8								
9								
10								
13								
14								
TOTAL:								

CAUDAL DE INGRESO DE AIRE

INGRESO DE AIRE						
Estacion	Ubicación	Labor	Área (m2)	Velocidad (m/min)	Caudal (m3/min)	Caudal (CFM)
PVM-01						
PVM-02						
PVM-03						
PVM-04						
PVM-05						
PVM-06						
PVM-07						
PVM-17						
PVM-19						
PVM-32						
PVM-33						
PVM-21						
TOTAL DE INGRESO DE AIRE FRESCO						

Caudal de salida de aire viciado

SALIDA DE AIRE						
Estacion	Ubicación	Labor	Área (m2)	Velocidad (m/min)	Caudal (m3/min)	Caudal (CFM)
PVM-01						
PVM-02						
PVM-03						
PVM-04						
PVM-05						
PVM-06						
PVM-07						
PVM-17						
PVM-19						
PVM-32						
PVM-33						
PVM-21						
TOTAL DE INGRESO DE AIRE FRESCO						

Requerimiento de aire por personal

PLANILLA		Guardia A (DIA)	Guardia B (NOCHE)	Guardia C (LIBRES)	Total
Personal	Cia				
	Contratista				
TOTAL					
CAUDAL DE AIRE		M3/min	CFM		

Requerimiento por temperaturas

Requerimiento por temperatura	Velocidad mínima (m/min)	Área Prom. (m2)	N° de niveles con temperaturas entre 24°C – 29°C	Caudal M3/min	Caudal cfm

Matriz de consistencia

Título “CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE VENTILACION DE LAS LABORES SUBTERRANEAS PARA MEJORAR LA CIRCULACION DEL AIRE EN COMPAÑIA MINERA VOLCAN – UNIDAD SAN CRISTOBAL”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cuál es la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>Problema específico a ¿Cuál es la caracterización de los circuitos de ventilación en interior mina que ayude a mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal?</p> <p>Problema específico b ¿El requerimiento de aire en interior mina ayudara a mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal?</p>	<p>Objetivo general Determinar la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas para mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Objetivo específico a Determinación de la caracterizar de los circuitos de ventilación en interior de la mina que ayuden a mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.</p> <p>Objetivo específico b. Evaluar el requerimiento de aire en interior mina que ayuden a mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.</p>	<p>Hipótesis General Teniendo en cuenta la caracterización del sistema de ventilación de las labores subterráneas podemos mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan – Unidad San Cristóbal.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>Hipótesis específica a Al caracterizar los circuitos de ventilación en interior de la mina podemos mejorar la circulación del aire, en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.</p> <p>Hipótesis específica b Al evaluar el requerimiento de aire en interior mina podemos mejorar la circulación del aire en Compañía Minera Volcan- Unidad San Cristóbal.</p>	<p>Identificación de variables</p> <p>Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente Caracterización del sistema de ventilación</p> <p>Variable dependiente Mejora la circulación del aire</p> <p>Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Variables para la hipótesis específica a</p> <p>Variable independiente Caracterización del circuito de ventilación</p> <p>Variable dependiente Mejora la circulación del aire</p> <p>Variables para la hipótesis específica b</p> <p>Variable independiente Requerimiento de aire</p> <p>Variable dependiente Mejora la circulación del aire</p>	<p>-Tipo de I. aplicativo.</p> <p>-Nivel de I. Descriptivo, analítico</p> <p>Diseño de I. no experimental</p> <p>muestra La muestra de igual manera está constituida por todo el sistema de ventilación de la mina San Cristóbal, de la Empresa VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.</p>