



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

“Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la
calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Cieza Herrera, Aldair (orcid.org/0000-0002-8366-9820)

Rabines Panduro, Cynthia (orcid.org/0000-0002-2949-0707)

ASESOR:

Dr. Figueroa Alfaro, Richard Wagner (orcid.org/0000-0002-2159-6160)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación de Yacimientos Minerales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedicado a mis dos abuelitas que desde el cielo guían mis pasos y a mis abuelitos por su amor y apoyo incondicional. Del mismo modo se lo dedico a mis padres por no dejarme rendir ante la adversidad. A mis hermanas por su comprensión y esfuerzo para verme lograr mis sueños.

Cynthia Rabines.

Se lo dedico a mis padres y hermanos ya que, sin sus esfuerzos y apoyo incondicional yo no habría podido con las adversidades. Además, a todos mis familiares y amigos que me han brindado su apoyo y sus ganas de verme cumplir todas mis metas trazadas.

Aldair Cieza.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por permitirnos haber terminado este trabajo de investigación. También a los representantes de la empresa minera Sirius Alfa por haber consentido realizar la investigación en dicha mina. Así mismo, a nuestros asesores tanto de noveno como décimo ciclo por compartir su conocimiento y brindarnos las herramientas para finalizar este trabajo.

Los autores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.1.1. Tipo de investigación	11
3.1.2. Diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.3.1. Población.....	12
3.3.2. Muestra.....	13
3.3.3. Muestreo.....	13
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos	13
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	13
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos	14
3.5. Procedimientos	15
3.6. Métodos de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	18
4.1. Parámetros geológicos del yacimiento y las labores subterráneas de la mina.	18
4.2. Cálculo del caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada.	30
4.3. Diseño y simulación de la red de ventilación en el software Ventsim.	37

4.4. Viabilidad económica de la propuesta del diseño del sistema de ventilación en la unidad minera.....	40
V. DISCUSIÓN.....	45
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM de las Bocaminas de la Mina Sirius Alfa.	21
Coordenadas UTM de las Bocaminas de la Mina Sirius Alfa	21
Tabla 2. Generalidades de la Minera Sirius Alfa.	22
Tabla 3. Datos del frente de la labor 1.	27
Tabla 4. Medición de la velocidad del aire por progresiva y de la temperatura en la labor 1.	28
Tabla 5. Datos del frente de la labor 3.	28
Tabla 6. Medición de la velocidad del aire por progresiva y temperatura en la labor 3.	29
Tabla 7. Medición de la velocidad del aire de la chimenea.	30
Tabla 8. Límites del caudal de aire según los m.s.n.m.....	30
Tabla 9. Factor de producción de acuerdo con el consumo de madera.	31
Tabla 10. Producción de mineral por guardia.....	32
Tabla 11. Cálculo del caudal de aire requerido por consumo de madera.	33
Tabla 12. Cálculo del caudal de aire requerido por temperatura en la labor (Q_{Te}). 34	
Tabla 13. Cálculo de caudal requerido por explosivo (Q_{Ex}).	35
Tabla 14. Cálculo de caudal requerido por fugas (Q_{fu}).....	36
Tabla 15. Caudal total requerido Q_{to}	37
Tabla 16. Suministro de aire del diseño de ventilación.	39
Tabla 17. Costos para la implementación del ventilador	41
Tabla 18. Costos de mangas de ventilación.....	41
Tabla 19. Parámetros con el costo del ventilador.....	42

Tabla 20. Cálculo del costo anual del ventilador	42
Tabla 21. Costo horario del ventilador.....	43
Tabla 22. Propuesta de implementación de ventilación.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Geología regional de la unidad minera.....	20
Figura 02. Plano en vista de perfil y medición en progresiva de la velocidad del viento de la mina Sirius Alfa.	24
Figura 03. Imagen de la estructura lateral izquierda de la labor L1.....	25
Figura 04. Ventilador axial de 10 000 cfm marca Ktperú modelo AVM-540-350-10. 38	
Figura 05. Simulación del diseño de sistema de ventilación en software Ventsim	39

RESUMEN

El presente informe de investigación tuvo como finalidad diseñar un sistema de ventilación en la mina Sirius Alfa para la optimización de la calidad del aire en la Mina Sirius Alfa. La investigación surgió del problema sobre la deficiencia en el suministro de aire en la unidad de producción, esto a causa de que no existía un diseño de sistema de ventilación apropiado lo cual generaba bajo rendimiento laboral y riesgo a su salud de los trabajadores. Se trabajó con una muestra conformada por la unidad de Producción Sirius Alfa, siendo una investigación de tipo aplicada y con un diseño experimental descriptivo. Asimismo, para el procesamiento de información se utilizó el método analítico, sintético y de procesos, de igual manera se emplearon las técnicas de análisis documental y observación. Finalmente, como resultado mediante la realización del diseño y simulación de la red de ventilación en el software Ventsim se determinó que para cubrir la necesidad del aire en las labores se considera implementar un ventilador axial de 10 000 CFM marca Ktperú modelo AVM-540-350-10 que es ideal para en conjunto lograr un caudal de aire de 15158.4 cfm lo cual permite cubrir la necesidad de aire de 14670.42 cfm.

Palabras clave: Sistema de ventilación, software ventsim, caudal de aire, ventilador axial.

ABSTRACT

The purpose of this research report was to design a ventilation system in the Sirius Alfa mine to optimize the air quality inside the Sirius Alfa Mine. The investigation arose from the problem of the deficiency in the air supply in the production unit, this because there was no appropriate ventilation system design, which generated low work performance and risk to the workers' health. We worked with a sample made up of the Sirius Alfa Production unit, being an applied type of research and with a descriptive experimental design. Likewise, for the processing of information, the analytical, synthetic and process method was used, in the same way the techniques of documentary analysis and observation were used. Finally, as a result, by carrying out the design and simulation of the ventilation network in the Ventsim software, it is prolonged that to cover the need for air in the work, it is considered to implement a 10,000 CFM axial fan of the Ktperú brand, model AVM-540-350. -10 which is ideal to jointly achieve an air flow of 15158.4 cfm which allows covering the need for air of 14670.42 cfm.

Keywords: Ventilation system, ventsim software, air flow, axial fan.

I. INTRODUCCIÓN

La labor minera en el Perú es una actividad de suma importancia ya que favorece el desarrollo económico del país. Es por ello, que se debe tener mucha precaución en las labores que se realizan para proteger la integridad de las personas que laboran en mina. Uno de los principales problemas que se presentan en las minas subterráneas del territorio peruano es la deficiencia de un buen sistema de ventilación en estas labores, generando así afectación a la salud de los trabajadores y pérdidas económicas por las paralizaciones para la evacuación de gases. En este sentido, las empresas mineras deben realizar un diseño apropiado para el sistema de ventilación de modo que se pueda suministrar un aire fresco y en el interior de las labores esté mucho más limpio.

La investigación se centra en la mina Sirius Alfa, la cual se sitúa en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Pátapo, con las coordenadas 665 338 E / 3 257 288 N, aproximadamente a 350 m.s.n.m. a 3.3 km al norte de la carretera principal que va a Chongoyape. El recorrido para llegar desde Chiclayo es por la carretera Chiclayo-Chota la cual es en su totalidad asfaltada hasta el distrito de Pátapo – Chongoyape, después de ello se toma un desvío hacia la mina y finalmente a la bocamina. La duración del viaje es de 2 a 2:30 horas. La mina limita en el norte con la provincia de Ferreñafe, al sur con el distrito de Pucalá, al oeste con el distrito de Tumán y al este con el distrito de Chongoyape.

Esta mina cuenta con 2 labores de las cuales se extrae minerales como oro y cobre mixtos; es decir, óxidos y sulfuros, se cuenta con 6 gr/TM de oro como ley promedio con 5% de cobre. Las labores (L1 y L3) se hallan en una ladera de alta pendiente y muy cerca al campamento ubicado en la parte baja, la labor L1 está en el nivel inferior y es la más larga con 83 m, mientras que la labor L3 está en el nivel superior, pero es la más corta con 44 m de largo, ambas labores tienen una sección de 1.8 m x 2 m.

El problema fundamental que se presenci6 en esta mina fue la deficiencia en el suministro de aire en los niveles de producci6n. Esto a **causa** de que **no existía un diseño de sistema de ventilaci6n apropiado** (escaso suministro de aire) lo cual generaba **bajo rendimiento laboral** en los trabajadores y en la maquinaria, y a su vez provocaba **tiempos muertos**. Segun Castillo (2017), el flujo constante de aire en minas subterraneas y tneles es sumamente importante ya que permite establecer un adecuado nivel de oxígeno en el ambiente haciendo posible el funcionamiento de los equipos, así como también la necesidad b6sica de respirar a las personas que trabajan en ella.

Segun Neciosup y Oviden (2022) señaala que para poder cumplir con una ventilaci6n adecuada el caudal de aire requerido es de 3 m³/min para los trabajadores y 2.83 m³/min dependiendo de la cantidad de HP de los equipos. El caudal de aire por persona en el área de estudio es 2.34 m³/min, lo cual es un claro indicador de que se necesita ventilaci6n. Esto quiere decir que gracias a un buen flujo de aire dentro de las labores subterraneas se puede lograr una mejor producci6n y preservar la salud de los obreros.

Adem6s, otra **causa** que influy6 en el problema fue la existencia de **polvos y gases t6xicos** producidos por la voladura que se realiza en la actividad minera, los cuales **ocasionan enfermedades respiratorias** como la silicosis y antracosis. Estas enfermedades ocupacionales con el paso del tiempo pueden llevar a la muerte a las personas que las padecen. Para **Llacho y Vargas (2020)** estos agentes contaminantes constituyen un riesgo para el bienestar del personal y su seguridad. Esto tiene que ver con los distintos factores como su composici6n, concentraci6n y el tamaño de las partículas.

Ante esta realidad problemática se plante6 la siguiente **interrogante** ¿Cuál es el diseño de un sistema de ventilaci6n apropiado para la optimizaci6n de la calidad del aire en las labores de explotaci6n de la Mina Sirius Alfa? Esta pregunta fue respondida mediante el desarrollo de los objetivos y la **hip6tesis**: el diseño de un sistema de ventilaci6n en la mina Sirius Alfa optimizará la calidad el aire en interior mina de la empresa Sirius Alfa. Para ello se tuvo en cuenta los est6ndares

requeridos del decreto supremo N°024-2016-EM y su modificación D.S. N° 023-2017-EM en el anexo 38.

Esta investigación estuvo impulsada a base de 3 justificaciones, los cuales fueron **metodológico, teórico y práctico**. El carácter **metodológico** se centró en lograr cumplir con los objetivos planteados, acudiendo a técnicas e instrumentos de recopilación de datos como las guías de observación y análisis documental, permitiendo encontrar una solución a la problemática en base a la información recolectada. El carácter **teórico** se enfocó en el uso de teorías sobre sistemas de ventilación, polvos y gases tóxicos y enfermedades ocupacionales. Por último, el carácter **práctico** se centró en la necesidad de diseñar un adecuado sistema de ventilación que se necesitaba en la mina Sirius Alfa. Esto con ayuda de distintos métodos que han sido mencionados por los autores en esta investigación.

Por ello se planteó como **objetivo general** diseñar un sistema de ventilación en la mina Sirius Alfa para optimizar la calidad del aire en interior de la Mina Sirius Alfa. Como primer **objetivo específico** determinar los parámetros geológicos del yacimiento y las labores subterráneas de la unidad minera Sirius Alfa, como segundo **objetivo específico** calcular el caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada. De igual manera como **tercer objetivo** realizar el diseño y simulación de la red de ventilación propuesta en el software Ventsim. Por último, como cuarto **objetivo específico** determinar la viabilidad económica de la propuesta del diseño del sistema de ventilación en la unidad minera.

II. MARCO TEÓRICO

Es importante mencionar bibliografía previa que abarquen el tema de esta investigación para poder comprender mejor la realidad problemática. La información de los trabajos previos comprende: Autores, año, título, objetivo, método, resultados, conclusiones y aporte.

Duran (2018) y Huamaní (2020) presentaron como objetivo conseguir buen rendimiento en el obrero y los equipos mineros subterráneos con una adecuada técnica de ventilación en la mina de su estudio. Ellos obtuvieron como resultado que en los distintos niveles donde hay personal laborando su mala ventilación es debido a que hay equipos diésel presentes, en especial en los tajeos de producción. Por lo cual, concluyeron que los principales circuitos que permiten el flujo del aire por las distintas labores (rampas, inclinados y cruceros) se encuentran trabajando correctamente; sin embargo; el problema radica en la incorrecta instalación en serie de los ventiladores auxiliares. Estos trabajos fueron de gran ayuda ya que permitieron tener en cuenta distintas labores subterráneas que contribuyen a que se pueda lograr una ventilación natural.

Gastelo (2021), Ricse (2021) e Ibañez (2018); en sus trabajos de investigación tuvieron el propósito de establecer un sistema de ventilación óptimo para mejorar el abastecimiento de aire puro y poder evacuar los gases y polvos habidos en las labores de su zona de estudio. Estas investigaciones utilizaron cálculos para obtener como resultado que el aire que se necesita en las labores se desarrolle con normalidad y los gases puedan evacuar adecuadamente es la cantidad de 73,675.6 ft³/min y 2,377.59 ft³/min respectivamente. Ante esto, los autores llegaron a la conclusión que lo principal sería un ventilador centrífugo debido a su alta eficiencia, como secundario un ventilador axial y así optimizar el acceso de aire en las zonas de trabajo y una manga de ventilación conformada por polietileno serían la mejor opción para el sistema de ventilación. Estos estudios tuvieron un aporte importante porque fueron una base para determinar el caudal de aire necesario.

Asimismo, Díaz (2019), Portilla y Velarde (2018), Vergaray (2017) y Choque (2016); en sus investigaciones presentaron el objetivo de optimizar el sistema de ventilación para poder controlar la calidad del aire adecuado en el trabajo, obteniendo como resultado que es posible optimizar la ventilación por medio de una técnica de ventilación complementaria con ventiladores de 3 0000 cfm y la combinación entre ventilación impelente y aspirante. Para ello los autores concluyeron que al realizar un enseriado de 3 ventiladores de 30000 cfm, nos permite utilizar como un solo ventilador para el método de ventilación impelente y aspirante, los cuales ingresan aire fresco y expulsan el aire viciado. Estas investigaciones fueron de suma importancia debido a que se pudo determinar la calidad de aire adecuado para las labores.

También se incluyó a Laura (2016) quien con su analizó el sistema de ventilación e implementó proyectos de chimeneas estratégicas para aumentar el caudal de aire con simulaciones en el software Ventsim, Mina Hercules-2014. Esta investigación tuvo como objetivo incrementar el caudal de aire y en consecuencia crear un ambiente saludable y seguro en las labores de trabajo. Dando como resultado que el caudal del aire consiguió un incremento de 159389.1 cfm a 199700 cfm al aperturar una chimenea. Esto llevó a la conclusión que al optimizarse la ventilación hay una mejor distribución y una mejora en las condiciones en las labores. Esta investigación aportó significativamente debido a que la implementación de chimeneas hace posible el aumento del caudal de aire en las labores.

Por otro lado, Llacho (2020), Caxi (2017) y Mamani (2019), en sus diferentes tesis tuvieron como finalidad analizar el deficiente sistema de ventilación en cada una de sus zonas de estudio para brindar una óptima calidad de aire. Ellos llegaron al resultado de que con la instalación de mangas de ventilación se proporciona la calidad y cantidad de aire que se requiere y mediante infraestructuras como chimeneas es que se expulsa el aire ya ocupado. De igual forma, concluyeron que la cantidad de aire que se necesita es mucho más alta a la que se tiene por lo que demuestran que el diseño que hay en cada área de evaluación es deficiente. El aporte de estos trabajos de investigación fue muy interesante ya que brindan una opción de usar mangas de ventilación lo cual es muy común en minería.

Así mismo, Valarezo (2020), con su diseño del sistema de ventilación en la concesión minera “Cebral” y diseño del sistema de desagüe en la concesión minera “R-Nivel”, Zaruma - El Oro. Tuvo como objetivo estudiar el caudal de aire que alcanza a las áreas y desde ahí poder optimizarlo a través de la ejecución de un diseño apropiado a las condiciones de la mina. Resultando mediante los métodos que el autor usa logra diseñar un sistema de ventilación que termina siendo el más adecuado para poder suministrar aire limpio en todas las labores. En conclusión, este sistema para la ventilación con el que cuenta la concesión minera muestra percances en la adquisición de aire necesario para que se pueda llevar a cabo las distintas labores mineras. El aporte de esta investigación fue la forma en la que se calcula el caudal del aire ya que fue empleado como base.

De igual forma Andia (2019), en su investigación Diseño de chimeneas gemelas para mejorar la ventilación en los niveles 1790 – 2050 veta Paula CIA minera Yanaquihua, tuvo como finalidad el diseño de chimeneas gemelas y generar una ventilación natural en los niveles 1790 y 2050 de la veta en mención. Obtuvo como resultado que la ejecución de chimeneas para generar ventilación es el método más adecuado para poder suministrar el aire en las labores subterráneas de la mina. Concluyendo con la ejecución del diseño de estas chimeneas gemelas a través de un método convencional optimizando así las características de ventilación en los niveles 1790 y 2050 con lo cual la necesidad del aire aumentó de 63,000 CFM hasta 148,000 CFM y por medio de esto mejoraron los ambientes de trabajo. El aporte otorgado por este estudio es el diseño de las chimeneas ya que es una forma de ventilación natural sin exagerar costos.

Por otro lado, está Ramírez (2019), con su Modelamiento del sistema de ventilación y control de metano con el simulador Ventsim™ en la mina subterránea de carbón FezMine – Polonia, tuvo como propósito modelar una red de ventilación apropiada, que le ayude a cumplir con los requerimientos de diluir de una manera adecuada el metano existente en sus paneles de explotación. Obteniendo como resultado que este software ayuda a simular una ventilación adecuada en la mina y brinda datos importantes en cuanto a los ventiladores. Ante concluyó que VentSim™ es el más

capaz para la ejecución de esta investigación debido a su estabilidad, distintas capacidades y facilidad de uso.

Guevara y Villanueva (2018) junto con Ureta (2018), tuvieron por objetivo analizar y plantear una red que suministre aire fresco en el sub nivel en su zona de estudio. Dando como resultado que la instalación de un ventilador de 10000 cfm de los modelos VAV-29.25-14-3450-II y/o VAV-32-14-3450-II en 2 fases y con las potencias de 75 y 50 HP. mejoraría el lugar de trabajo en los frentes. Esto los llevó a la conclusión que mientras se excavan las labores de desarrollo, la presencia de aire es escasa para conservar una zona de laboreo saludable. Estas investigaciones tuvieron un aporte importante y nos permiten entender lo significativo que es mantener las zonas de trabajo debidamente ventiladas muchas veces con ayuda de un ventilador.

Así mismo, contamos con las investigaciones de Magüiña (2018), Castillo (2017) y Bustamante, Daza y Bustamante (2017). Los autores presentaron como finalidad optimizar los sistemas de ventilación gracias a la utilización del software Ventsim y los trabajadores de las labores puedan recibir el aire necesario y puedan trabajar sin riesgo alguno. Teniendo como resultado mayor y mejor acceso de aire puro con 268100 cfm y una extracción de aire contaminado de 273700 cfm. Esto llevó a la conclusión que la utilización del programa Ventsim avala ninguna recirculación de aire y también define rutas para la entrada de aire limpio y salida del aire viciado. Esto tuvo un muy importante aporte y nos da a conocer que se tiene que conocer el caudal y presión necesaria para una buena aplicación del Software.

Por otra parte, Gómez y Alcalá (2021), Escobar y Gracia (2020) y Saavedra (2018) en sus tesis tuvieron como propósito optimizar las operaciones de la actividad minera a través de la simulación en el software Ventsim. Obteniendo como resultado la realización satisfactoria del modelamiento de un sistema de ventilación y simulación, con un caudal de aire puro de 15,304 cfm y de salida el aire viciado con 15,081 cfm. Llevándolos a la conclusión que con el modelo planteado y simulado en el programa Ventsim lo adecuado es colocar un ventilador de 10K cfm, el cual brinda una entrada de aire fresco de 16480 cfm y una salida aire

contaminado de 16894 cfm. Esto fue de gran aporte debido a los grandes alcances que brinda la correcta aplicación y simulación del software Ventsim.

Ricse (2021) define al aire de mina a la combinación del polvo y gases, usualmente con el polvo que en su mayoría de veces se encuentra en suspensión, invadiendo el espacio de la sección de la labor. Esto es producto de las alteraciones que sufre el aire fresco que ingresa a mina. Si estas alteraciones son mínimas se hace referencia a que es un aire fresco, pero si estas son elevadas se le conoce como aire contaminado o también llamado aire de retorno o viciado. En la vida de todo ser humano el aire es fundamental e importante y según Díaz (2019) este al ser trasladado al interior de una mina, se puede llegar a alterar su composición; a esto se le determina como una combinación de gases como el nitrógeno, el oxígeno y otros. Estando compuesto de lo siguiente, Nitrógeno 78.09% en volumen y 75.53% en peso; Dióxido de carbono 0.03% en volumen y 0.046% en peso, Oxígeno 20.85% en volumen y 23.14% en peso y Argón y otros un 0.93% en volumen y 1.284% en peso.

Para Huamaní (2020), la ventilación subterránea es el medio por el cual circula el aire necesario al interior de mina, de esa manera se genera una atmósfera segura y respirable para que los trabajadores puedan realizar sus labores con normalidad. Esta es realizada gracias a un circuito que inicia la circulación del aire por toda la labor. Tener presente esto ayuda en el monitoreo de distintos agentes tanto físicos como químicos que se encuentran presentes y poder reducir concentraciones como demandan los límites permisibles.

La ventilación se puede clasificar en 2 tipos, los cuales para Vergaray (2017) son ventilación de forma natural y de forma mecánica, muchas veces también otros tipos de ventilación que son de manera mixta o combinada o también conocida como impelente y aspirante. En el tipo impelente cuenta con un ventilador que promueve el aire dentro de las labores o a través de una tubería. Todo lo contrario, al de tipo aspirante, en este caso el ventilador absorbe el aire existente de la parte interna de la mina y lo expulsa al exterior mediante una tubería. Para Choque (2016), el caudal que se requiera se calculará dependiendo el número de personas

que laboren dentro de mina, las partículas en suspensión, la variación de temperatura y el gasto de explosivos.

Para Mamani (2019) la ventilación del tipo natural es el recorrido del aire limpio ingresando a una labor sin hacer uso de ventiladores neumáticos. Para que una ventilación natural sea adecuada debe haber una discrepancia de cotas entre ambas bocaminas, tanto la de ingreso como la de salida. Para Ito (2019), las labores que ayudan a realizar una ventilación natural por lo general son chimeneas o piques. El costo operacional de la ejecución de una de estas labores en minería artesanal varía entre 125 – 130 USD/m, esto dependerá de distintos parámetros como las dimensiones de la sección, el tipo de roca, su avance, la densidad, mano de obra, entre otras.

Choque (2016) menciona que cuando hablamos de la ventilación del tipo mecánica o secundaria se hace referencia a los distintos sistemas que a través de ductos y ventiladores complementarios ventilan zonas restringidas de la mina, utilizando para esto variedad de circuitos de aire fresco mediante los cuales se podrá evacuar el aire viciado. Este tipo de ventilación se emplea cuando el avance que tiene una labor minera tiene mucho recorrido y no es posible ventilar de forma natural haciendo indispensable requerir ventiladores y compresoras. Ricse (2021), nos dice que para este tipo de ventilación se tiene en cuenta distintos parámetros como el avance de la labor, la capacidad de cfm que cuente la compresora o los ventiladores, el costo de la implementación de este tipo de ventilación es aproximadamente 133.17 USD/m y el costo total dependerá del avance total de la labor a implementar.

Toda labor debe ser ventilada con aire limpio, según Laura (2016) esto se da de acuerdo a lo que requiere el personal y los equipos, de igual forma para expulsar polvos suspendidos y gases que pueden dañar la salud del trabajador. Es importante tener en cuenta parámetros como las dimensiones y la forma del yacimiento, su potencia, grosor, buzamiento, profundidad y propiedades geomecánicas del macizo rocoso para cualquier sistema de ventilación minero.

Para Durán (2018), la producción de gases contaminantes sucede frecuentemente en toda mina, ya sea si esta se encuentra en condiciones normales o anormales. Además, podemos encontrar oxígeno, monóxido de carbono, nitrógeno, óxidos de nitrógeno, etc. Para ello el Servicio Nacional de Geología y Minería (2008) exige un flujo de aire fresco que no sea menor a los 3 m³/min por cada persona que se encuentre en cualquier zona interior de las labores subterráneas y de igual forma un flujo no menor a los 2.83 m³/min por HP motor de cualquier equipo petrolero que se encuentre operando. Además, la densidad juega un papel importante debido que a una altitud de 3600 m.s.n.m. la densidad que presenta el aire fluctúa entre los 0.866 Kg/m³, y esto variará según aumente o disminuya la altura.

El polvo generado de las minas es un sólido que se encuentra dividido finamente, que para Llacho y Vargas (2020) constituye un riesgo para el bienestar del personal y su seguridad, esto dependerá de distintos factores como su composición, su concentración y el tamaño de las partículas. Según Gastelo (2021) existen operaciones en las cuales la producción de polvo es inevitable, para ello se debe hacer lo posible de que esta concentración se encuentre imperceptible. Se debe impedir que el polvo encontrado en suspensión pueda ser absorbido por los trabajadores o mínimo minimizar el tiempo al que pueden estar expuestos.

Una de las enfermedades más frecuentes es la neumoconiosis, generada por las largas jornadas expuestas a distintos factores como lo son productos químicos y polvos. Según Llacho y Vargas (2020) esta es considerada como una enfermedad ocupacional. Se evidencia la existencia de una variedad de enfermedades respiratorias que son consideradas comunes debido a que han sido creadas a base de la exposición al polvo. Se debe resaltar que toda exposición al polvo trae consigo riesgos y no existen polvos inocuos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue **aplicada** con un nivel **explicativo** ya que se enfocó en dar una solución a un problema evaluando distintos aspectos del contexto de este estudio. Según Nicomedes (2018), está dirigida a solucionar los problemas presentados en cualquier proceso desarrollado por actividad humana.

3.1.2. Diseño de investigación

Moreno y Rodas (2021), señala que la creación es herramienta valiosa que guiará al investigador en un estudio o experimento teniendo en cuenta un cúmulo de pautas a desarrollar. En este sentido, el estudio fue experimental debido a que se modificaron algunas variables en respuesta a los objetivos planteados, dando así solución al problema planteado.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Diseño de un sistema de ventilación

- **Definición conceptual:** Según Herrera (2019), el sistema de ventilación en una mina abarca un aspecto muy importante cuando se trata de las operaciones de perforación y voladura, ya que influye de manera directa en la salud de los trabajadores, productividad de la mina y seguridad en las operaciones.
- **Definición operacional:** El diseño de un sistema de ventilación para una mina subterránea es un circuito por el cual fluye el aire tanto para ingresar a mina como para expulsarlo. La ventilación se puede dar de forma **natural o mecánica**.

- **Indicadores:** Velocidad del viento, presión dentro de mina, presión en el exterior de mina, ventilación natural, ventilación mecanizada.
- **Escala de medición:** nominal.

Variable dependiente: optimización de la calidad del aire

- **Definición conceptual:** Según Loyola (2013), optimizar la calidad del aire se refiere a brindar las condiciones necesarias para que las labores dentro de mina se desarrollen de la forma mejor posible.
- **Definición operacional:** la optimización de la calidad del aire implica el cumplimiento de un conjunto de actividades con el fin de mantener el área de trabajo bajo las mejores condiciones ambientales posibles; es decir, haya un buen flujo de aire en aquella zona.
- **Indicadores:** maquinaria, cantidad de explosivos, temperatura, número de trabajadores, consumo de madera, fugas y densidad del aire.
- **Escala de medición:** nominal.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población de esta investigación radicó en toda la unidad minera Sirius Alfa – Pátapo, incluyendo todas sus labores subterráneas; es decir, las labores L1 y L3. Chaudhuri (2018), define a la población como el todo de objetos, personas o ejemplos que tienen diversos aspectos en relación y se encuentran en un área establecida.

Criterios de inclusión

Se considera estos criterios porque se relacionan directamente con el problema a investigar:

- Las labores L1 y L3 de la mina Sirius Alfa
- Labores que tengan más de 40 m de avance

Criterios de exclusión

Estos criterios no influyen directamente en la investigación:

- Labores que tengan menos de 40 m de avance
- Campamento minero

3.3.2. Muestra

En esta investigación se consideraron como muestra la Labor 01 (tiene una longitud de 83 metros y una sección de 1.8 m x 2 m) y la Labor 03 (tiene un avance de 44 m y una sección de 1.8 m x 2 m) de la unidad minera Sirius Alfa – Pátapo. López (2016) la describe como un subconjunto, pequeña parte o población en la que se realizará la investigación.

3.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo usado fue no probabilístico por juicio, esto se debe a que se determinó diferentes aspectos basándose en la zona de estudio, características geológicas, trabajadores en mina, mediciones de la velocidad del viento, entre otros y de esa forma poder determinar la muestra. En alusión a Vázquez (2017) para el muestreo de este tipo los sujetos u objetos se eligen según el conocimiento y juicio de los investigadores. En este estudio se utilizó el conocimiento y juicio de cada investigador, además, se tuvo presente todos los diferentes aspectos mencionados con anterioridad.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las siguientes técnicas se elaboraron con el propósito de recopilar información y de esa manera determinar el diseño de ventilación para la Mina Sirius Alfa.

- **Técnica de análisis documental:** Se hizo uso de esta técnica ya que se revisaron bibliografías escritas sobre los parámetros del depósito mineral (potencia, buzamiento, espesor, tipo de roca, entre otros) y las labores subterráneas (L1 y L3) que son parte de la muestra de la investigación. Para Rubio (2018) es un proceso que tiene un avance intelectual del cual se extraen porciones de distintos documentos para luego poder interpretarlo y facilitar la lectura de los originales.
- **Técnica de observación:** Se empleó esta técnica para recolectar la información como la temperatura, el número de trabajadores, velocidad del viento, todo ello de manera in situ para el acrecimiento de la investigación. Castellanos (2017) menciona que radica en adquirir información observando distintos hechos, casos que tengan relación.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- **Guía de análisis documental:** Esta guía instrumental permitió plasmar los aspectos relevantes acerca del tema de investigación y así poder procesar los datos que se encuentren en otras fuentes. Se aplicó este instrumento con el propósito de recolectar datos respecto a los parámetros del depósito mineral (potencia, buzamiento, espesor, tipo de roca, entre otros) y las labores subterráneas que conforman la muestra de esta investigación. Bonnemason (2019) indica que toda guía de análisis documental es la operación que se realiza para la representación de un documento original a documentos secundarios o parafraseados que estén por secciones.

Guía de observación: Se empleó esta guía porque se ejecutó el control de la velocidad del viento que accede por bocamina y cada cierta distancia otras mediciones, se medirá la temperatura tanto dentro como fuera de mina, así como la presión de la misma, todo esto con el correcto instrumento y las

dimensiones de la mina. Campos y Lule (2012) nos mencionan que en lo que concierne al objeto de estudio, este instrumento permite situarse de forma sistemática.

3.5. Procedimientos

- **Primera etapa: Planificación del proyecto de investigación**

En base a las causas y por consiguiente sus consecuencias se presentó la realidad problemática; luego de ello se concretó con sus objetivos respectivos; por consiguiente, se diseñó la hipótesis y de esa manera se dio una posible solución a los objetivos planteados. Esta investigación estuvo basada en el diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo. Cabe mencionar que la información compilada tuvo procedencia de distintas fuentes originales y confiables tales como artículos y tesis de distintos repositorios, enfocados en la ventilación de labores mineras. También se tomó en cuenta la creación de instrumentos y para finalizar se efectuó un previo contacto con el representante de la empresa para la obtención de la carta de aceptación.

- **Segunda etapa: Aplicación de los instrumentos y Recopilación de datos**

Aquí se validaron todos los instrumentos a través de expertos y se realizaron las visitas a la mina Sirius Alfa, se tomaron apuntes en los instrumentos como la velocidad del viento que ingresa por bocamina, se midió la temperatura en el interior de mina tanto como en el exterior de esta, de igual forma con la presión. Cabe mencionar que esta información se utilizó con fines educativos, además que todo fue de forma verídica.

- **Tercera etapa: Procesamiento de información y análisis**

Aquí se logró almacenar información que corresponde a las velocidades del viento y otros aspectos dentro de mina, esto gracias al procesar datos obtenidos de la segunda etapa, todo ello aplicando los instrumentos de recopilación de datos. Seguidamente se organizaron los resultados en tablas

estadísticas, la cual permitieron tener una proyección de la información de una forma metódica. De la misma manera, se analizó la información conseguida para posteriormente discutirla con lo propuesto por diferentes autores. Por último, se llegó a las conclusiones de acuerdo al desarrollo de resultados y objetivos planteados.

3.6. Métodos de análisis de datos

- **Método analítico**

Se logró analizar, identificar y poder ejecutar un estudio muy minucioso en base a la problemática, con la ayuda de este método, además, con el propósito de llegar a comprender los sistemas de ventilación y poder diseñar el sistema adecuado, de esta forma se optimizó la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo. Para Jalal, Ramos et al. (2015) es un método investigativo basado en desmembrar un todo, dividiendo todas sus partes o elementos y de esa manera poder observar sus causas, su naturaleza y sus efectos.

- **Método sintético**

Este fue propuesto con la finalidad de sintetizar toda información sobre los sistemas de ventilación y lo abordado en el marco teórico. De tal manera que se logró validar la hipótesis que había sido planteada. Para Jalal, Ramos, et al. (2015) es un procedimiento que utiliza el raciocinio enfocándolo en reconstruir un todo, basado en los mecanismos determinados por el análisis; básicamente radica en la realización de una explicación breve y concreta.

- **Método de procesos**

Se tuvo como propósito conseguir resultados aplicando técnicas e instrumentos que nos permitieran recolectar datos referentes al diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la mina Sirius Alfa, es por ello que se utilizó este método de procesos. Bedregal, Besoain, et al (2017) refieren que para poder cumplir el propósito de la investigación se debe completar una serie de pasos y objetivos.

3.7. Aspectos éticos

Para poder garantizar la calidad y la ética en este proyecto de investigación se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

Beneficencia: el beneficio que brinda esta investigación hacia la empresa fue la optimización de la calidad de aire en el interior de la mina. Así mismo, el diseño de un sistema de ventilación significa una mejor condición de trabajo para los colaboradores.

No maleficencia: se considera este criterio debido a que se le dará un buen uso a la información recopilada. Además, esta será usada solo con fines educativos mas no con intenciones perjudiciosas.

Autonomía: frente a la realidad problemática que se encontró en mina los autores partícipes de esta investigación tuvieron a bien seleccionar el tema de esta; así mismo, la libertad a la hora de tomar decisiones. De tal modo, los autores pudieron realizar la presente investigación de la manera más eficiente.

Justicia: la información recopilada se ha empleado sin ningún tipo de modificación o alteración para conveniencia o favoritismo de los autores. De este modo, los resultados que se logren obtener se plasmarán acorde a la realidad.

IV. RESULTADOS

Los resultados de la obtenidos se presentan de acuerdo a los objetivos planteados que fueron realizados de acuerdo a las guías empleadas en laboratorio y en el campo.

4.1. Parámetros geológicos del yacimiento y las labores subterráneas de la mina.

4.1.1. Geología Regional

Acorde a la descripción del yacimiento minero Sirius Alfa - Pátapo, se evidenció que en la zona se encontraban representaciones litológicas. Además, se logró verificar los aspectos respectivos de las rocas intrusivas volcánicas, las cuales presentan diversos grados de alteraciones acompañado de discontinuidades al igual que fallas. Asimismo, en el transcurso del trayecto hacia el yacimiento minero se observó que la roca presentaba cortes, al igual que rocas compactas en otras zonas del sitio se verificó la presencia de macizo rocoso poco compacto y fracturado.

De acuerdo al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), se identificó la presencia de rocas volcánicas como la tonalita, diorita y la granodiorita fresca; además de presencia de discontinuidades y fallas, las cuales se generaron por el desplazamiento en forma vertical en el yacimiento. Con ello se identificó que el yacimiento corresponde a la era mesozoica en el sistema cretácico serie superior la cual presenta formación de lutitas grises oscuras y calizas grisáceas.

- Cenozoico

En esta era de Cenozoico se mostró la era del Cuaternario Holoceno la cual está compuesto por un dispositivo fluvial que está constituida por bloques, grava, sedimentos, cantos, arena, matriz arena limosa y gravilla; también se evidencio que está conformado por un depósito aluvial la cual está constituido por arenas, limos y

cantos cuyos están almacenados a los lados de los ríos que forman las terrazas. Además, está conformada por un sistema llamado Mioceno, Plioceno y Neógeno, que está constituido por la formación de Huambos, con evidencias de brechas fácticas con partículas de pómez, y tobas. En tanto al sistema paleógeno se encuentra constituido por las series eoceno, oligoceno y paleoceno, los cuales están comprendidos por la formación Llama que presenta composición de clastos de cuarcitas, conglomerados, volcánicos rojizo, caliza, tobas moradas y andesíticas. Presentando un espesor de 500 metros hasta 1000 metros, de acuerdo al estudio geológico realizado en el año 2013 en Lambayeque.

- **Mesozoica**

La era Mesozoica envuelve el sistema Cretácico de la serie Superior, que está conformado por la formación Cajamarca. Esta formación se caracteriza por tener calizas de color blanco o gris, con estratificaciones uniformes y regulares. Además, en este sistema se encuentra el Grupo Pulluicana Quilquian, el cual presenta lutitas friables de tonalidad negra a gris oscura, así como calizas grises y niveles de margas. También se observa la presencia de la Formación Inca Chulec Pariatambo, que está compuesta por lutitas grises con delgadas y nodulares capas de calizas lutáceas de color marrón a crema, así como calizas negras bituminosas. En el sistema Cretácico Inferior se encuentra el Grupo Goyllarisquizga, el cual está conformado por cuarcitas de color marrón y blanquecinas, así como areniscas con una buena estratificación, con capas intercaladas de lutitas grises. Por otro parte, la Formación Tinajones, evidenció una secuencia de lutitas, conglomerados, cuarcitas y tobas grauvacas.

Respecto al sistema jurásico Medio y Superior está conformado por la Formación Oyotún cuenta con andesita basáltica masiva gris a oscuros, lavas andesíticas, intercaladas con arenisca feldespática y tobas. Así también, en el sistema Triásico Inferior, Medio y Superior, estuvo constituida por la formación la Leche, la cual tuvo presencia de calizas grisáceas con buena estratificación en capas medianas a delgadas y novel de cenizas de composición andesíticas. Estas rocas presentaron

un afloramiento con una potencia aproximada de 1240 m basados al estudio geológico de Lambayeque del año 2013.

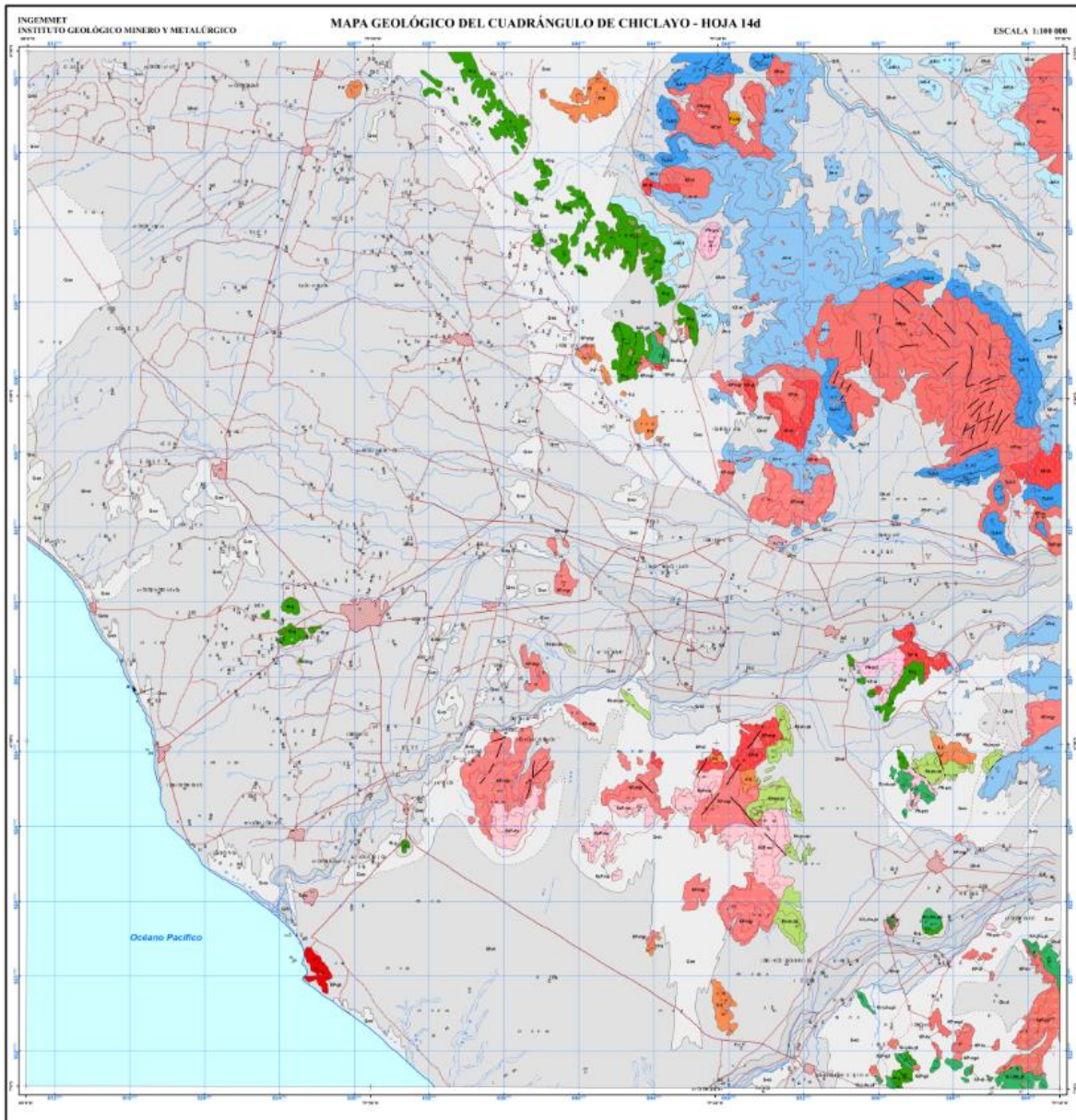


Figura 01. Geología regional de la unidad minera.

Fuente: Geocatmin.

4.1.2. Geología Local

Tabla 1. Coordenadas UTM de las Bocaminas de la Mina Sirius Alfa.

Coordenadas UTM de las Bocaminas de la Mina Sirius Alfa			
UTM WGS 84 Zona			
	Punto	Este	Norte
Bocamina L1	1	664832.10	9257017.70
Bocamina L3	2	664910.40	9257027.00

Fuente: Coordenadas de la Unidad Sirius Alfa, obtenidas de Google Earth.

En la tabla 1 en cuanto al nivel principal y secundaria de la mina Sirius Alfa se muestra sus coordenadas considerando los vértices Este y Norte. Por otra parte, se resalta que en este yacimiento se determinó presencia de cobre y oro, teniendo una producción estimada por día de hasta 25 toneladas métricas, además esta producción puede incrementarse conforme al avance que se realice y a las peculiaridades de las labores.

Tabla 2. Generalidades de la Minera Sirius Alfa.

Generalidades de la concesión minera Sirius Alfa		
	Era	Mesozoica
Formación	Grupo	Pulluicana
	Afloramiento	Rocas Volcánicas
Ubicación	Región	Lambayeque
	Distrito	Pátapo
	Sector	Desaguadero

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 2 se presenta la información recopilada en relación con la geología de las labores tanto como principal y secundaria de la concesión minera Sirius Alfa - Pátapo, los cuales se basan en la información proporcionada por la carta geológica nacional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2021). Dicha tabla describe donde se encuentra ubicado el depósito mineral, estando situado en el distrito de Pátapo, región Lambayeque. Además, se evidencio que esta se encontraba a una altura de 350 m.s.n.m. y presento una ruta para el acceso que se encontraba poco accidentada (ver anexo 14).

a. Composición de la roca

Respecto a los estudios que realizó la empresa y las observaciones realizadas durante las visitas al sitio, se pudo constatar la presencia de formaciones de rocas intrusivas volcánicas en la labor principal. Estas rocas mostraron signos de intensa epidotización y silicificación. Además, se pudo evidenciar la existencia de zonas hidrotermales en dichas formaciones, las cuales contenían metales como cobre (Cu) y oro (Au).

- **Diorita:** En la labor principal se pudo observar la presencia de una estructura mineralizada que contiene diorita, la cual posee una densidad de 2,8 gramos por metro cúbico. Además, se identificó la presencia de una roca de grano grueso que exhibe una combinación de granos minerales de color negro y blanco. Es relevante mencionar que en la parte inferior se evidencia una franja de cuarzo lechoso con cristales de gran desarrollo, que presenta una forma similar a los dientes de perro, y que tiene un espesor de 2 metros.
- **Granodiorita:** Se mostró la existencia de granodiorita fresca en la labor L1, con lo cual también se observó la presencia de un ramal mineralizado de una franja muy alterada de óxidos y arcillas con un espesor de 0.50 a 0.80 m.
- **Tonalita:** A una distancia de 12 metros hacia el noreste del acceso a mina, se pudo observar una zona con un notable nivel de oxidación por encima de la primera chimenea. Esta estructura presentó una franja de vetas de cuarzo con un espesor de 0,50 metros, acompañada de tonalita, una roca plutónica compuesta principalmente por plagioclasas y cuarzo. La tonalita tiende a exhibir colores que van desde el gris claro hasta el oscuro.

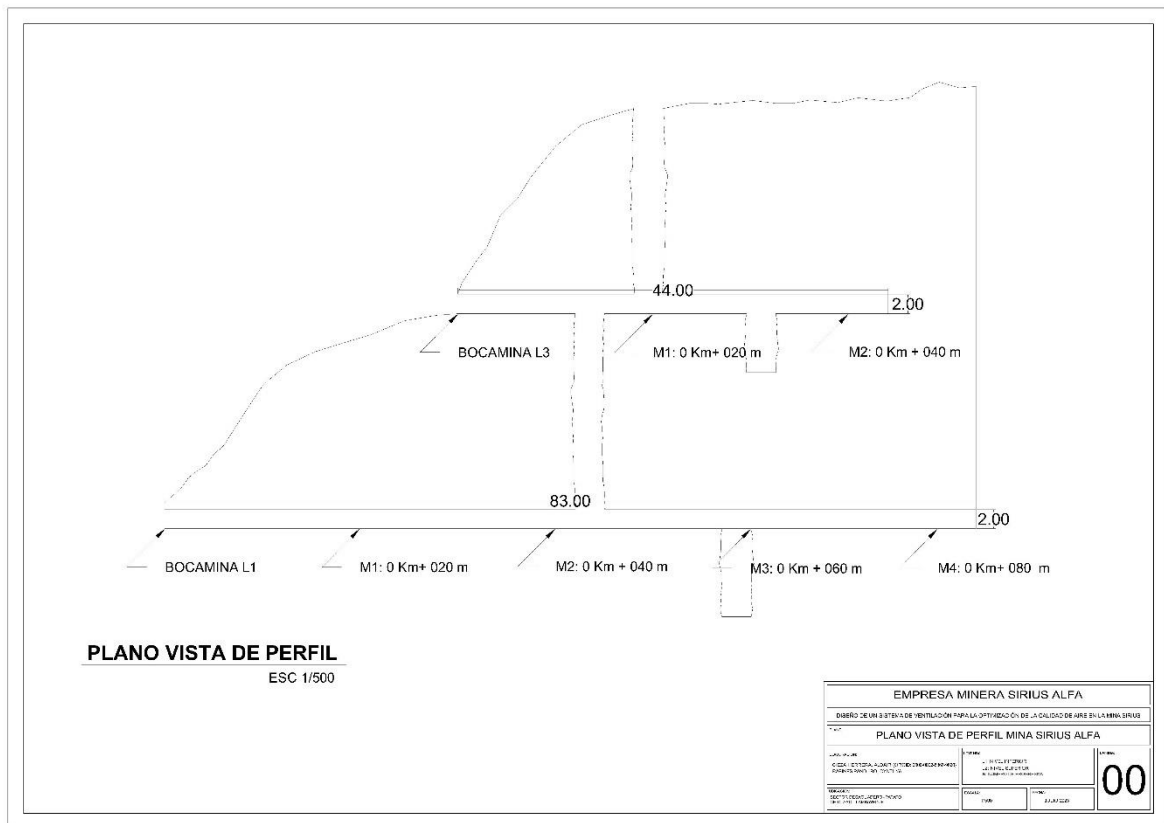


Figura 02. Plano en vista de perfil y medición en progresiva de la velocidad del viento de la mina Sirius Alfa.

Fuente: Propia.

4.1.3. Geología Estructural

- Avance

Después de realizar los estudios correspondientes, se pudo determinar que el avance en la labor 01 fue de 83 metros de longitud, mientras que en la labor 02 fue de 44 metros de longitud, en el cual se evidenció la presencia avanzada de una falla, cuya descripción se detallará a continuación.

- Fallas

Se detectó la existencia de una falla en la principal área de trabajo, la cual se caracteriza como una falla normal mineralizada. Su dirección es S62°W con un

ángulo de inclinación de entre 55° y 57° en dirección noroeste. Esta falla presenta una apertura variable de entre 2 mm y 5 mm, y contiene relleno de arcilla, sin signos de humedad. Debido a estas condiciones, la roca circundante no muestra tendencia a desmoronarse.

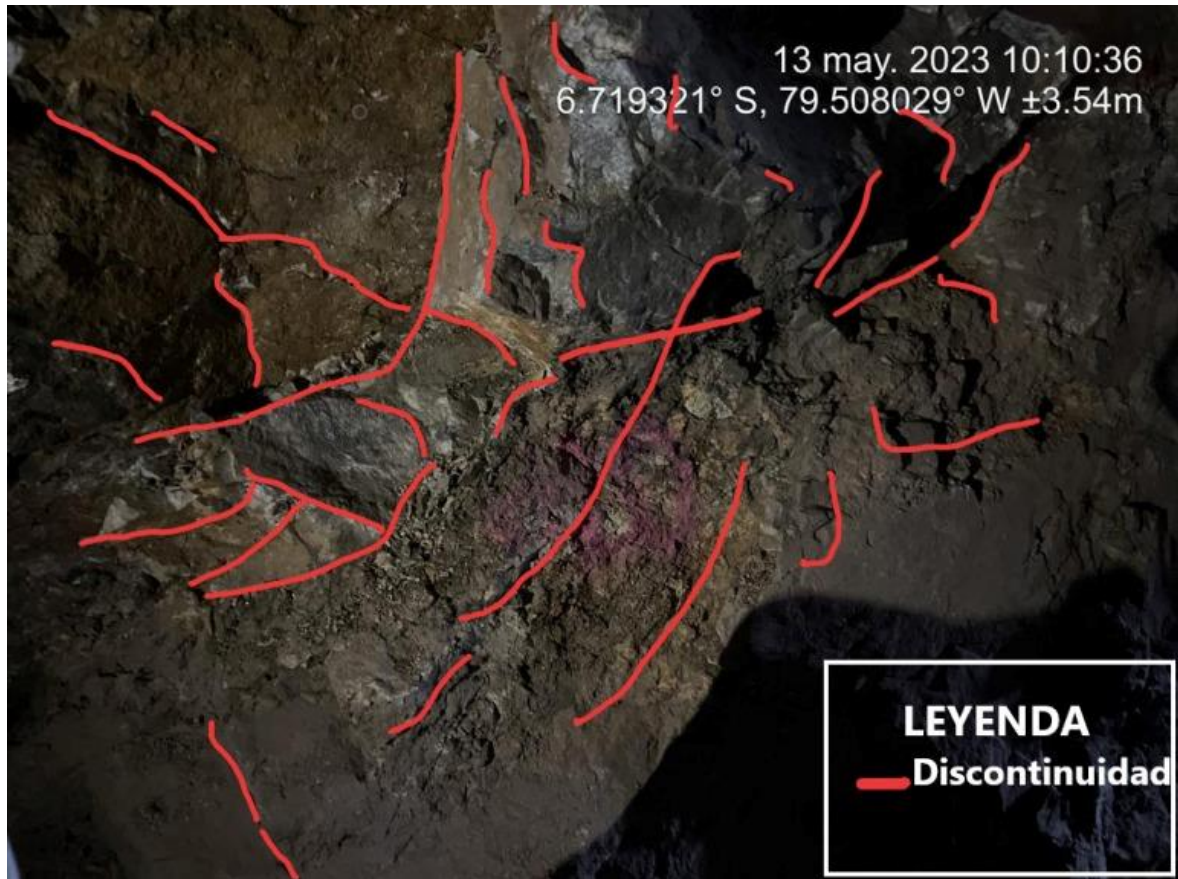


Figura 03. Imagen de la estructura en la caja techo de la labor L1.

En la figura 03 se observa presencia de discontinuidades en la caja techo de la labor L1, dichas discontinuidades tienen una persistencia de 0.2 a 0.6 metros principalmente, y son de cerradas sin presencia de relleno, tampoco se observa presencia de filtración solo rastros de humedad producto de actividades de explotación en la empresa minera. Dichas discontinuidades se presentan a lo largo de ambos niveles debido a la afectación producto de las voladuras y la calidad misma de macizo rocoso.

4.1.4. Geología Económica

En base a diversos estudios de aspecto preliminar llevados a cabo en el cuerpo mineralizado y los afloramientos de la minera Sirius Alfa, se obtuvieron resultados relacionados con la ley de mineral. Estos resultados revelan una ley promedio de 6 gramos por tonelada métrica (TM) con un contenido de cobre del 5%, que incluye tanto óxidos como sulfuros. Asimismo, se le estima una vida útil de 20 años aproximadamente para este yacimiento. Sin embargo, es importante tener en consideración que este período puede cambiar dependiendo de los factores de su producción, las particularidades de la labor minera y una mejor gestión del sostenimiento.

Basándose en los cálculos requeridos, su mejor producción diaria registrada fue de 25 toneladas, el equivalente a un total mensual de 4.500 gramos de oro (Au), o aproximadamente 158 onzas. Según London Bullion Market Association (LMBA) en septiembre de 2021, mencionan que el valor estimado de una onza de oro en la actualidad es de 1638,78 dólares. Por lo tanto, el valor mensual del mineral extraído se estima en 258.927 dólares.

- Tiempo de vida útil

El periodo de vida rentable se refiere al tiempo que se le estima durante el cual se aprovechará el yacimiento en cuestión, basado en la evaluación de las reservas disponibles. Estas reservas pueden cambiar dependiendo a las condiciones de la operación, la cual tiene diversos factores como el precio internacional de los metales y la producción, el cual es altamente volátil a nivel global. Es importante destacar que, según los análisis preliminares realizados por la empresa que facilitó

la investigación, se proyectó una duración de 20 años para el yacimiento Sirius Alfa - Pátapo.

A. Datos del frente de la labor para la ventilación de la labor de la Mina Sirius Alfa – Pátapo

Tabla 3. Datos del frente de la labor 1.

	Altura	2 m
Sección	Ancho	1.8 m
	Área	3.0723 m ²
	Perímetro	6.63 m
	Temperatura de la labor	25.5 °C
	Velocidad del caudal del aire	1.4 m / s

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla 3 se detalla las especificaciones del frente de la labor, teniendo una sección de 1.8 m x 2 m. Es importante tener los valores de la sección de la labor para poder efectuar los cálculos de área y perímetro. La cual, se tiene una temperatura 25.5 °C en la labor y una velocidad del caudal de 1.4 m / s que es igual a 84 m/min.

Para el desarrollo del perímetro y el área se emplearon las siguientes fórmulas respectivamente:

$$P = (b + h + \pi * r)$$

Donde:

A es el área de la labor (m²) y P es el valor del perímetro (m).

$$A = (h/2 * b) + (1/2 * \pi * r^2)$$

Donde:

A es el área (m²), "b" es la base de la sección (m) y "h" es la altura (m), π es el valor de pi (m) y r es el radio (m).

Tabla 4. Medición de la velocidad del aire por progresiva y de la temperatura en la labor 1.

Progresiva	Temperatura (°C)	Velocidad del aire (m/seg)	Velocidad del aire (m/min)	Área (m ²)	Caudal de aire (m ³ /min)
Entrada	23.5	1.4	84	3.07	258.05
Bocamina	23.8	0.41	24.6	3.07	75.57
0km + 020m	24.1	0.04	2.4	3.07	7.37
0km + 040m	24.5	0.01	0.6	3.07	1.84
0km + 060m	25.5	0.01	0.6	3.07	1.84
0km + 080m	25.5	0.01	0.6	3.07	1.84

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla 4, se detalla las mediciones de la velocidad del aire por progresiva y de la temperatura, la cual estas mediciones son tomadas de un anemómetro de modelo Thermo anemómetro AN100. Obteniendo las medidas con una menor precisión de error con respecto a la temperatura a nivel de ambiente y la velocidad que presenta el aire en los distintos puntos referenciales que se tomaron en cuenta. Siendo la bocamina la primera progresiva con 0km + 020 m, registrándose una temperatura de 23.8° C y una velocidad de 0.41 m/s; seguidamente se mide la sección de la labor que es 1.8 m x 2 m, para poder calcular el área dando un resultado de 3.07 m². Este proceso se realizó de igual manera los siguientes puntos de referencia las cuales son: (0km+020m), (0km+040m), (0km+060m) y por último (0km+080m) obteniendo una velocidad de aire de 0.6 m/s de velocidad del aire; teniendo un área de 3.07 m² a una temperatura de 25.5 ° C de temperatura ambiente.

Tabla 5. Datos del frente de la labor 3.

Sección	Ancho	1.8 m
	Altura	2 m

Perímetro	6.63 m
Área	3.07 m ²
Temperatura de la labor	25.5 °C
Velocidad del caudal del aire	1.15 m/s

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla 5 detalla las especificaciones del frente de la tercera labor, teniendo una la sección de 1.8 m x 2 m. Es importante tener la información de la sección de la labor para poder efectuar los cálculos del perímetro y el área. Así mismo, tiene una velocidad del caudal de aire de 1.15 m/s que es igual a 69 m / min a una temperatura de 25.5 °C.

Tabla 6. Medición de la velocidad del aire por progresiva y temperatura en la labor 3.

Progresiva	Temperatura (°C)	Velocidad del aire (m/ seg)	Velocidad del aire (m/ min)	Área (m ²)	Caudal de aire (m ³ /min)
Entrada	23.5	1.15	69	3.072	211.97
Bocamina	23.8	0.48	28.8	3.072	88.47
0km + 020m	24.1	0.01	0.6	3.072	1.84
0km + 040m	24.5	0	0	3.072	0

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6, la primera progresiva de la bocamina fue a 0km+020m de la bocamina, registrándose una temperatura de 23.8° C y una velocidad de 0.48 m/s; seguidamente se mide la sección de la labor que es 1.8 m x 2 m, para poder calcular el área dando un resultado de 3.072 m².

Tabla 7. Medición de la velocidad del aire de la chimenea.

Progresiva	Temperatura (°C)	Velocidad del aire (m/ seg)	Velocidad del aire (m/ min)	Área (m ²)	Caudal de aire (m ³ /min)
Entrada	24.5	0.32	19.2	3	57.6

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, se ve que la chimenea tiene un caudal de 57.6 m³/min que es equivalente a 2 034.12 cfm, con una velocidad de aire de 19.2 m/min y un área de 3 m².

4.2. Cálculo del caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada.

Para determinar el caudal de aire que se requiere para la minería subterránea, se realiza cálculos de flujo de aire teniendo en cuenta el número del personal, la temperatura en el trabajo, maderas y fugas. Así lo establece el Ministerio de Energía y Minas en el Anexo 38 dentro del DS 024-2016-EM modificado por DS N° 023-2017-EM

Tabla 8. Límites del caudal de aire según los m.s.n.m.

Altitud (m. s. n. m)	Caudal mínimo de aire (m ³ /min)
> 4000	6
3000 a 4000	5
1500 a 3000	4
< 1500	3

Fuente: Art. 247 del DS 024-2016-EM modificado por DS N° 023-2017-EM.

En la tabla 8, muestra la proporción del volumen de aire mínimo por persona calculado en m.s.n.m. en el lugar de trabajo. Entre ellos, cuando la altitud sea inferior a 1500 metros, el volumen de aire mínimo por persona debe considerarse de 3 m³/min.

Para determinar el caudal total se empleó la fórmula que se muestra a continuación:

$$Q_{tr} = F * N$$

Donde: N es la cantidad de personal de guardia, F es caudal mínimo y Q_{tr} , es el caudal total (m^3/min),

$$Q_{tr} = 3 \text{ m}^3/min * 6$$

$$Q_{tr} = 18 \text{ m}^3/min$$

La altitud de la labor se encuentra 350 m.s.n.m., entonces como se encuentra entre < 1500 m.s.n.m. según se observa en la tabla 7, se usaría 3 m^3/min como caudal mínimo de aire. De igual manera, se encuentra trabajando 6 hombres en la labor. Lo cual, el caudal de aire requerido como mínimo por persona en las labores es de 18 m^3/min que es igual a 635,664 ft^3/min .

4.2.1. Cálculo según el consumo de madera

Tabla 9. Factor de producción de acuerdo con el consumo de madera.

Consumo de madera (%)	Factor de producción (m^3/min)
>70	1.25
41 a 70	1
40 a 20	0.6
<20	0

Fuente: Art. 252 d) del DS 024-2016-EM modificado por DS N° 023-2017-EM.

En la tabla 9 se muestran los valores de los factores de producción correspondientes al rango porcentual de consumo de madera. Como se mencionó, el factor de producción se ignora cuando el consumo de madera es inferior al 20%, mientras que incluye valores entre el 20% y el 40% y pasa a ser de 0,6 m^3/min con relación al factor de producción. Asimismo, si el valor está entre el 41% y el 70%, corresponde a un factor de 1 m^3/min , mientras que el 70%, es una tasa de

producción igual a 1.25 m³/min. Esto solo es fundamental si el soporte es de madera, ya que esa materia consume aire y por lo tanto emite dióxido de carbono para asegurar los coeficientes según la normativa vigente que rige en la zona indicada en el campo. Artículo 252 de las normas legales mencionadas.

A continuación, en la tabla 10, describe la producción de mineral por guardia en la labor de nivel inferior (L1) y el nivel superior (L3), obteniendo así un resultado de 5.28 tn en la labor de nivel inferior y 3.96 tn en la labor de nivel superior. Obteniendo como toneladas métricas por guardia 9.24 tn.

Tabla 10. Producción de mineral por guardia.

Labor	Ancho de la labor (m)	Longitud de disparo (m)	Potencia de veta (m)	Peso específico del mineral (TM/m ³)	Eficiencia de voladura (85%)	Volumen (m ³)	(TM/Gd)
Nivel inferior	1.8	1.15	1.2	2.5	0.85	2.11	5.28
Nivel superior	1.8	1.15	0.9	2.5	0.85	1.58	3.96
Total							9.24

Fuente. Elaboración propia.

Para el desarrollo del cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$Q_{ma} = T * u$$

Donde: U es el factor de producción, T es la producción en TM / guardia y Q_{ma} es el caudal requerido por toneladas de producción (m³/min).

$$Q_{ma} = 9.24 * 0.6 (m_3 / \text{min})$$

$$Q_{ma} = 5.54 (m_3 / \text{min})$$

Tabla 11. Cálculo del caudal de aire requerido por consumo de madera.

Consumo de 20- 40 madera (%)	Factor de producción	de 0.6 m ³ /min
Producción TM/ 9.24 TM guardia	Caudal por consumo de madera	5.54 m ³ /min

Fuente. Elaboración propia.

En esta tabla 11 se logra visualizar que se ha empleado madera para sostenimiento en la frente de la labor, alcanzando un consumo de madera promedio de 25%, por ello según el artículo 252 del decreto supremo mencionado anteriormente establece un 0.6 m³/min como factor de producción. Teniendo una producción promedio por cada guardia de 9.24 TM. Finalmente, se obtiene el resultado del caudal de aire requerido por consumo de madera que es de 5.54 m³/min, siendo igual a 195.64 ft³/min.

4.2.2. Cálculo por temperatura en la labor

Según el Art. 252 d) y Anexo 38 del DS 024-2016-EM modificado por DS N° 023-2017-EM, señala que existen intervalos fijados para las temperaturas de entrega. Si la temperatura de secado de la operación es inferior a 24°C, la velocidad mínima del aire no se tiene en cuenta. Sin embargo, si el valor de la temperatura está dentro de 24° y 29° C, se requiere una velocidad mínima del viento de 30 m³/min.

Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_{te} = V_m * A * N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

- Q_{te} es el caudal por temperatura (m³/min)
- V_m es la velocidad mínima
- A es el área promedio de labores (m²)
- N es el número de niveles con temperatura superior a 23 °C.

$$Q_{te} = 30 \frac{m}{min} * 3.072m^2 * 2 (m^3/min)$$

$$Q_{te} = 184.2 m^3/min$$

Tabla 12. Cálculo del caudal de aire requerido por temperatura en la labor (Q_{Te}).

Temperatura seca (°C)	25.5	Nº de niveles con temperatura superior a 23	2
Velocidad mínima	30 m/min	Caudal por temperatura	184.2 m³/min
Área de promedio	3.072 m²		

Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 12, mediante un anemómetro se determina la temperatura de seca, la cual es 25,5 °C. Por lo tanto, la temperatura se encuentra entre 24° y 29° C, asumiendo el valor de 30 m/min de velocidad mínima. En la unidad minera Sirius Alfa se tiene una temperatura superior a 23°C de una labor. Es así que se determinó que el caudal del aire estimado para la temperatura es 184.2 m³/min, es igual a 6 504.96 ft³/min.

4.2.3. Calculo por caudal diésel

No se calcula porque es una mina artesanal y no hay equipos petroleros.

4.2.4. Cálculo por explosivo

Para el cálculo se utilizó la fórmula siguiente:

$$Q_{ex} = A * V * N (m^3/min)$$

Donde:

- N es la cantidad de niveles

- V es la velocidad mínima requerida establecida según el decreto supremo (m / min)
- A es el área promedio (m²)
- Q_{ex} es el caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m³/min)

$$Q_{ex} = 3.072 \text{ m}^2 * 25 \left(\frac{\text{m}}{\text{min}} \right) * 2$$

$$Q_{ex} = 153.5 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para calcular el Q_{ex} es al multiplicar el **área** que es 3.07 m² por la **velocidad mínima** de 25 m/ min según lo establecido por el artículo 248 y el anexo 38 del DS 024-2016-EM modificatoria el DS N° 023- 2017-EM por el **número de capas** de la mina Sirius Alfa – Pátapo. Para obtener así el resultado de Q_{ex} que es 153.5 m³ / min que es igual a 5 420.8 ft³/min.

Tabla 13. Cálculo de caudal requerido por explosivo (Q_{Ex}).

Área promedio de labores.	3.072 m ²	Velocidad mínima requerida según norma	25 m/ min
Número de nivel de voladura	2 nivel	Caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado	153.5 (m ³ /min)

Fuente. Elaboración propia.

4.2.5. Cálculo por fugas

Para el cálculo se utilizó la fórmula que se muestra a continuación:

$$Q_{fu} = 15\% * Q_{t1} \text{ (m}^3/\text{min)}$$

Donde

- Q_{fu} es el caudal por fuga (m^3/min)
- Q_{t1} es la sumatoria de caudal requerido por trabajadores, temperatura y madera (todos los valores encontrados anteriormente)

$$Q_{fu} = 15\% * \left(18 \frac{m^3}{min} + \frac{5.54m^3}{min} + 184.2 \frac{m^3}{min} + 153.5 \frac{m^3}{min} \right)$$

$$Q_{fu} = 15\% * (361.24) m^3/min$$

$$Q_{fu} = 54.18 m^3/min$$

En la tabla 14, para calcular el caudal de aire necesario por fuga, se debe tener los cálculos del caudal de aire necesario según el número de trabajadores, que es de $18 m^3/min$. El resultado del caudal de consumo de madera es $5.54 m^3/min$ y $153.5 m^3/min$ es el cálculo de caudal de temperatura de labor. Después de obtener estos datos, se calculó " Q_{T1} " dando un valor de $361.24 m^3/min$, y finalmente se multiplica por el 15% de acuerdo con la fórmula establecida, para poder obtener el caudal de aire calculado requerido por fuga de $54.18 m^3/min$ que es igual a $1913.34 ft^3/min$.

Tabla 14. Cálculo de caudal requerido por fugas (Q_{fu}).

Caudal por la cantidad de trabajadores	18 m^3/min	Q_{t1}	361.24 m^3/min
Caudal por el consumo de madera	5.54 m^3/min	Parámetro de fórmula	15%
Caudal por temperatura	184.2 m^3/min	Caudal por fuga	54.18 m^3/min

Fuente. Elaboración propia.

4.2.6. Cálculo de caudal total requerido

Se encontró usando la siguiente fórmula:

$$Q_{t0} = Q_{t1} + Q_{fu}$$

Donde:

- Q_{t0} es el caudal total para la operación
- Q_{t1} es la sumatoria de caudal requerido por trabajadores, madera y temperatura de la labor
- Q_{fu} es el caudal por fuga.

$$Q_{t0} = 361.24 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} + 54.18 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{t0} = 415.42 \text{ m}^3/\text{min}$$

Se observa los cálculos del caudal total de aire requerido, donde para obtener el resultado de Q_{t1} se tuvo que sumar todos los valores encontrados como el de caudal requerido por trabajadores, madera y temperatura de la labor dando un total de $361.24 \text{ m}^3/\text{min}$. Finalmente se suma el caudal requerido por fugas que equivale a $54.18 \text{ m}^3/\text{min}$ y al sumar Q_{t1} y Q_{fu} se obtiene como resultado el caudal total requerido de $415.42 \text{ m}^3/\text{min}$ que equivale a $14670.42 \text{ ft}^3/\text{min}$.

Tabla 15. Caudal total requerido Q_{t0} .

Q_{t1}	$361.24 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$		
Q_{fu}	$54.18 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$	Q_{t0}	$415.42 \text{ m}^3/\text{min}$

Fuente. Elaboración propia.

4.3. Diseño y simulación de la red de ventilación en el software Ventsim.

Como parte del diseño de ventilación se incluye la instalación de un ventilador axial que fue considerado en base a los datos que brinda Osinergmin. Se consideró un ventilador axial de 10 000 CFM marca Ktperú modelo AVM-540-350-10 (figura 04) ya que es ideal al requerimiento de aire de la mina Sirius alfa, lo que satisface la ventilación en sus labores existentes y futuras de profundización. Este ventilador es

adecuado considerando flujo de aire, tamaño y menor costo. Mediante el cual se logra la evacuación de los gases presentes en la mina y mantener los niveles de gases bajo el límite permisible según normativa. Dicho ventilador será colocado en la bocamina del nivel principal L1 de la mina Sirius Alfa.



Figura 04. Ventilador axial de 10 000 cfm marca Ktperú modelo AVM-540-350-10.

De igual manera se debe considerar que la resistencia de dichos ventiladores para la puerta de ventilación es de $50 \text{ Ns}^2 / \text{m}^8$ y para el uso de cortinas es de $250 \text{ Ns}^2 / \text{m}^8$. De igual modo, las disposiciones del factor de fricción por tipo de labor se determinan que para las chimeneas son de 0.016 y tajeos es de 0.02.

Posteriormente mediante la levantamiento de las labores de la mina Sirius alfa, la toma de mediciones de flujo de aire y de gases en conjunto con la propuesta de instalación de un ventilador axial de 10 000 cfm para satisfacer la necesidad de aire en interior mina, se realizó la simulación del diseño de ventilación mediante el software Ventsim, para lo cual en la figura 05 se aprecia el diseño del sistema de ventilación lo que permitió determinar los flujos de aire y se identificó que efectivamente se satisface lo requerido según normativa.

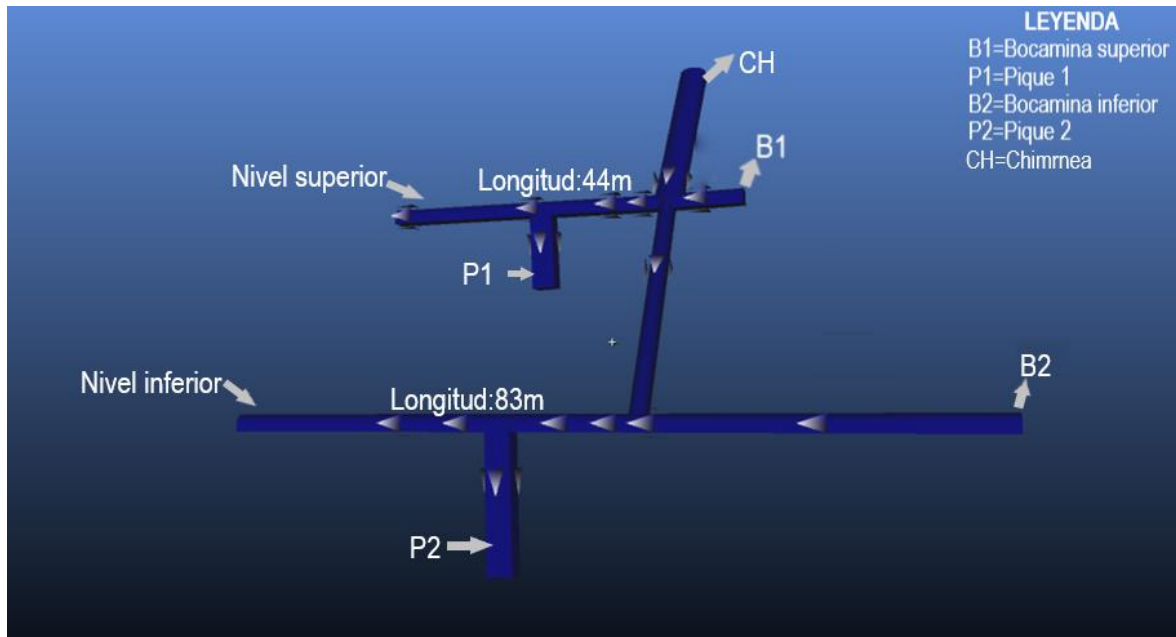


Figura 05. Simulación del diseño de sistema de ventilación en software Ventsim
 Fuente: Elaboración propia.

Este diseño de red de ventilación presenta como labores principales dos subniveles de 1.8 m x 2 m de igual manera un pique que conecta el nivel superior con el inferior cuya longitud es de 28 metros y medidas de 2 m x 1.5 m, así también se tiene una chimenea que conecta el nivel superior con la superficie, dicha chimenea tiene una longitud de 21 metros, así también se tienen piques en desarrollo tanto en nivel L1 y L3.

De igual manera se emplean mangas de ventilación con diámetro de 18 pulgadas que es para la evacuación del aire viciado al exterior de la mina. Para el presente diseño se ubicó un único ventilador en la bocamina del nivel principal L1. Por lo cual mediante la instalación del ventilador se logra cubrir la necesidad actual de aire que se requiere, así también posteriormente se debe reubicar o instalar más ventiladores conforme la mina siga profundizando o realizando más labores de explotación.

Tabla 16. Suministro de aire del diseño de ventilación.

Suministro de aire	Requerimiento de aire
--------------------	-----------------------

Suministro de aire nivel superior	3 124.28 cfm		
Suministro de aire de chimenea	2 034.12 cfm		
Suministro de aire de ventilador de nivel inferior	10 000 cfm	Requerimiento total de aire	14 670.42 cfm
Suministro total de aire	15 158.4 cfm		

Fuente. Elaboración propia.

4.4. Viabilidad económica de la propuesta del diseño del sistema de ventilación en la unidad minera.

Para calcular el costo, se suman los valores que se han gastado y el prestar un servicio durante un periodo de tiempo determinado o la producción de un bien.

El costo de amortización es el reembolso de un préstamo invertido para la adquisición de un bien, y su fórmula es:

$$a = A * ((1 + I) * (N * I)) / ((1 + I) * (N - 1))$$

Donde:

a = amortización

N = tiempo de duración, cuotas de financiamiento.

I = tasa de interés

A = cantidad del préstamo

Como se muestra en la tabla 17, el ventilador axial de 10 000 CFM marca Ktperú, el modelo AVM-540-350-10 que se seleccionó, tiene un voltaje de 220 v, una potencia de 5.5 kW y un amperaje de 25 I. Tiene un costo de \$2 200 durante un tiempo de 5 años.

Tabla 17. Costos para la implementación del ventilador

DESCRIPCIÓN DEL VENTILADOR	
Tipo	Ventilador axial
Marca	Ktperú
Capacidad	10 000 CFM
Vida útil	5 años
Voltaje	220 v
Amperaje	25 l
Costo	US\$ 2 200

Fuente. Elaboración propia.

El costo de las mangas de ventilación se encuentra en la Tabla 18, que se calcula dividiendo el costo total de los accesorios de ventilación entre la vida útil, lo que resulta en un costo de US\$ 0.125 por hora.

Tabla 18. Costos de mangas de ventilación.

	Precio unitario (US\$)	Unidades	Subtotal (US\$)
Mangas de Ventilación	5	80	400
Alcayatas	5	10	50
		Total	450
Vida útil		3600	
Costo horario de accesorio			0.125

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 19 se describe los parámetros del costo del ventilador que incluyen el precio del equipo, los intereses, el seguro, el valor de rescate y la vida útil en años y horas.

Tabla 19. Parámetros con el costo del ventilador

Parámetro	Valor
Precio del equipo (US\$)	2200
Interés total (US\$)	440
Seguro total (US\$)	66
Valor de rescate total (US\$)	220
Vida útil (años)	5
Vida útil (horas)	18000

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 20 se describe el cálculo del costo anual del ventilador, teniendo como parámetros un interés anual de 20%, un seguro de 3% y un costo de mantenimiento de 79.2 US\$, la cual para determinar el costo anual de una unidad se determina de la siguiente manera:

$$\text{Costo anual de una unidad} = P. E \text{ (US\$) / Vida útil (años)} + I. \text{ Anual (US\$)} + S. \text{ Anual (US\$)} + C.M \text{ anual (US\$)} - V.R \text{ (US\$) / Vida útil (años)}$$

$$\text{Costo anual de una unidad} = \text{US\$}576.4$$

Tabla 20. Cálculo del costo anual del ventilador

Parámetros	Valor
Costo del ventilador (US\$)	440
Seguro anual (US\$)	13.2
Interés anual (US\$)	88
Costo de mantenimiento anual (US\$)	79.2
Sub total	620.2
Valor de rescate anual (US\$)	44
Costo de ventilador anual (US\$)	576.4
Horas anuales de utilización	3600
Costo horario (US\$/hr)	0.16

Fuente. Elaboración propia.

- **Costo energético**

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el costo energético del ventilador de 10.000 CFM.

$$E = P * TE * Costo/kW$$

- Costo/kW, es un precio establecido por cada kW adquirido.
- TE es el tiempo de vida útil en horas de operación por cada ventilador.
- P es la potencia (kW).
- E es la energía.

$$E = 5.5 \text{ kW} * 3600 \text{ horas/año} * 0.28 \text{ US\$/kW}$$

$$E = \text{US\$} 5\,544/\text{año}$$

$$E = \text{US\$} 1.54/\text{hora}$$

En la tabla 21 describe el costo horario de la implementación del ventilador, lo cual incluye el costo energético, de adquisición del ventilador y accesorios utilizados. Lo cual permite calcular un costo horario total de 1.825 US\$/hr.

Tabla 21. Costo horario del ventilador

Parámetros	Subtotal (\$) /hr
Energía eléctrica	1.54
Costo de adquisición del ventilador	0.16
Accesorios de ventilación	0.125
Costo horario	1.825

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 22 se estimó un costo de US\$3603.2, la cual incluyó la inversión de US\$ 2200 del ventilador axial de 10 000 CFM, aumentando el costo de interés total de US\$ 440 y el costo del seguro del primer año que tiene el valor de US\$ 13.2. Por otro lado, también se debió incluir los costos de mangas de ventilación y accesorios

siendo US\$ 450, sin dejar de lado el costo de instalación del sistema de ventilación la cual tiene un valor de US\$ 500.

Tabla 22. Propuesta de implementación de ventilación.

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE VENTILACIÓN	
Costo del ventilador (US\$)	2200
Interés total (US\$)	440
Costo de accesorios y mangas de ventilación (US\$)	450
Seguro primer año (US\$)	13,2
Costo de instalación (US\$)	500
TOTAL (US\$)	3603,2

Fuente. Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

La ventilación desempeña un papel fundamental en el diseño de diversos espacios semicerrados, asegurando el correcto funcionamiento de los equipos críticos en las instalaciones corporativas. Es crucial garantizar que estos equipos funcionen dentro de los parámetros y condiciones de operación mejoradas por el fabricante, lo que conlleva ventajas significativas, como prolongar su vida útil. La cual tiene como propósito principal de la ventilación que es hacer fluir el aire mínimo o requerido para brindar mejores escenarios de trabajo, un ambiente limpio libre de gas, polvo o humo, que son nocivos para la salud. Por ello, la actividad se llevó a cabo identificando un sistema de inyección de aire fresco en todos los espacios de trabajo. La ventilación se encarga de controlar el caudal de aire dentro de un ambiente cerrado con el objeto de proporcionar la cantidad y calidad de aire requerida. Según Neciosup y Oriden (2022) señala que los sistemas de ventilación proporcionan aire para mitigar la contaminación por: neblina, polvo, humo, olores desagradables, gases, la ventilación puede ser natural o artificial.

De acuerdo con el objetivo general, se diseñó un sistema de ventilación para optimizar la calidad del aire en el interior de la Mina Sirius Alfa, los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis planteada; es decir, los sistemas de ventilación son adecuados para el proceso de aireación. Así mismo, se percibe que los gases como el oxígeno y monóxido de carbono sobrepasan los parámetros establecidos en el DS 024-2016-EM modificado por el D.S. N° 023-2017-EM en su anexo 15 de exposición ocupacional, observando dificultades en el ambiente laboral. Se propuso el diseño de un sistema de ventilación debido a que facilita el acceso de aire fresco a las labores de la mina Sirius Alfa, siendo así beneficioso para sus trabajadores con un ambiente laboral sano y seguro.

Según Valarezo (2020) en su trabajo de investigación para obtener el grado de ingeniero de minas, nos señala que la calidad del aire en la ventilación natural es

de baja calidad y es necesario un sistema de ventilación, con respecto a la minería subterránea.

Sin embargo, ante lo señalado se determina que la ventilación natural suele usarse en labores de poca longitud conectadas a la superficie para que el aire pueda ingresar y salir fácilmente manteniendo un ambiente saludable de trabajo y producción, otro factor que afecta la ventilación natural para los trabajadores es el flujo de aire desde áreas de mayor temperatura (donde hay más energía térmica) hacia áreas de temperatura más fría.

En el primer objetivo se determinó los parámetros naturales del yacimiento y las labores subterráneas en la unidad minera Sirius Alfa. Se ha observado que este yacimiento es de naturaleza polimetálica, con presencia de cobre y oro, y actualmente tiene una producción diaria de aproximadamente 19 toneladas métricas. Cabe destacar que esta producción puede aumentar a medida que se avance en las labores y sus características. De acuerdo al documento IGAFON se logró confirmar la geología del lugar basada en la información brindada por la empresa, la cual se encuentra en una zona accidentada y se encuentra a una altitud de 350 m.s.n.m.

En su geología económica, se realizaron cálculos y su mejor producción diaria registrada fue de 25 toneladas, resultando un total de 4500 gr de oro mensual, equivalente a 158 onzas. Teniendo el proyecto un tiempo de vida útil estimado de 20 años, estos datos fueron proporcionados por la empresa que facilitó la investigación.

Una de las limitaciones que hemos tenido para poder realizar la toma de datos in-situ en la mina Sirius Alfa fue el mal estado de la vía de acceso, esto a causa de las constantes lluvias que se presentaron en los meses de abril y mayo.

Como segundo objetivo, se calculó el caudal de aire que se requiere para poder cumplir con una ventilación adecuada. Las mediciones de flujos de aire que se realizaron en la Mina Sirius Alfa – Pátapo en la labor 1 y 3, muestran que la

velocidad del aire disminuye a lo largo del recorrido a 0 m/s frente a la obra. Entonces, la velocidad del aire a partir de 40 metros de profundización es nula debido a que el anemómetro no registró la lectura del trabajo. Además, la evaluación de los gases como el oxígeno y monóxido de carbono superan los límites permisibles mencionados en las normas de seguridad y salud en el trabajo. Finalmente, se calculó el caudal de aire conforme los parámetros establecidos en el D.S. N° 024-2016-EM y su modificatoria el D.S. N° 023-2017-EM en el anexo 38.

Estos parámetros incluyen número de trabajadores, consumo de madera, temperatura de operación, explosivos para obtener el caudal total deseado. Se determinó que el caudal de aire requerido es de 415.42 m³/min (14670.42 CFM) en la unidad minera Sirius Alfa, cumpliendo con los parámetros establecidos por el reglamento. La cual, no se empleó el desarrollo del flujo por equipos porque es una mina artesanal y no cuentan con equipos petroleros.

Esto se contrasta con el autor Ricse (2021) el cual empleó cálculos para obtener como resultado que el aire necesario en las labores para que se desarrolle con normalidad y los gases puedan evacuar adecuadamente es la cantidad de 2,377.59 ft³/min. Ante esto, el autor llegó a la conclusión que lo principal sería un ventilador centrífugo debido a su alta eficiencia, como secundario un ventilador axial y así optimizar el acceso de aire en las áreas laborales.

Las limitaciones que tuvimos para este objetivo fue la falta de los equipos necesarios para realizar las respectivas mediciones, y se tuvo que alquilar a una empresa privada.

El tercer objetivo, fue realizar el diseño y simulación de la red de ventilación propuesta en el software Ventsim. Se consideró en primer lugar, las configuraciones medio ambientales tales como la densidad del aire hasta 500 m.s.n.m. son de 1.11 Kg/m³ aproximadamente y la temperatura promedio de la roca a altura de la bocamina es de 25 °C, para lo cual se propuso implementar un ventilador axial de 10 000 cfm lo cual permite satisfacer la necesidad de aire que tiene la mina. Mediante la simulación en el software Ventsim se logró validar lo mencionado y

visualizar el correcto flujo y evacuación de gases de interior mina hacia el exterior. Según Escobar y Rodas (2022) menciona que la aplicación del software Ventsim podría implicar adaptar el software a las características particulares de la mina artesanal, como el tamaño de la operación, las condiciones geológicas, los recursos disponibles y las prácticas de seguridad y ambientales aplicables. Al implementar el software Ventsim en una mina artesanal, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones, como adaptar y personalizar el software según las necesidades y características específicas de la mina, capacitar adecuadamente al personal en el uso del software y evaluar la compatibilidad del software con los recursos técnicos disponibles en la mina artesanal.

Lo cual se contrasta con lo mencionado por Guevara y Villanueva (2018) junto con Ureta (2018), quienes obtuvieron como resultado que era necesario colocar un ventilador de 10 000 CFM de los modelos VAV-32-14-3450-II y/o VAV-29.25-14-3450-II en 2 fases y con las potencias de 50 y 75 HP para lograr satisfacer la necesidad de aire en los frentes de trabajo. Debido a que mientras se excavan las labores de desarrollo la presencia de aire es escasa para mantener una zona de laboreo saludable.

Con respecto al tercer objetivo nos limitó el no conocer y saber muy bien el uso del software, pero con ayuda de algunos tutoriales y personas con conocimiento del software pudimos entender lo suficiente para poder ejecutar la simulación de este sistema de ventilación.

En cuanto al cuarto resultado en el que se determinó la viabilidad económica de la propuesta del diseño del sistema de ventilación en la unidad minera. Se estimó una inversión de US\$3603.2, la cual incluyó la inversión de US\$ 2200 del ventilador axial de 10 000 CFM, aumentando el costo de interés total de US\$ 440 y el costo del seguro del primer año que tiene el valor de US\$ 13.2. Por otro lado, también se debió incluir los costos de mangas de ventilación y accesorios siendo US\$ 450, sin dejar de lado el costo de instalación del sistema de ventilación la cual tiene un valor de US\$ 500. Es viable porque viéndolo desde el punto de vista económico solo se adicionará 1. 83 \$/hora y desde el punto de vista operativo y fiscalizador se logra

brindar el caudal de aire requerido según normativa, lo que permite un cuidado para la salud de los trabajadores y que puedan laborar en interior mina sin ninguna afectación.

Lo dicho anteriormente se contrasta por Neciosup y Oleden (2022) los cuales señalan en su investigación que para el caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada es de $3 \text{ m}^3/\text{min}$ para los trabajadores y $2.83 \text{ m}^3/\text{min}$ por cada HP de los equipos. Lo cual concluye que requiere un caudal de 4 388.55 CFM, entonces optaron por ventilador de 6 000 cfm, con un costo total de inversión de 24 332.8 soles.

VI. CONCLUSIONES

Se concluyó mediante la determinación de los parámetros naturales del yacimiento y las labores subterráneas de la unidad minera Sirius Alfa, que la labor presenta dimensiones de 1.8 metros de base con 2 metros de altura y la mina tiene dos niveles, el nivel inferior de 83 metros de longitud y el nivel superior con 44 metros de longitud, de igual manera cuenta con dos piques en desarrollo, un pique de traspaso que conecta ambos niveles y una chimenea de ventilación del nivel superior hacia superficie. Se determinó mediante un anemómetro de modelo Thermo anemómetro AN100 la velocidad del aire en los diferentes puntos referenciales que se tomaron en cuenta. Siendo la bocamina la primera progresiva con 0km + 020 m, registrándose una temperatura de 23.8° C y una velocidad de 0.41 m/s.

Para el presente informe se calculó del caudal de aire que se requiere para cumplir con una ventilación adecuada. Para lo cual se determinó el requerimiento de caudal de aire en base a 3 factores iniciales los cuales son por trabajadores, madera y temperatura de la labor dando un total de 361.24 m³/min. Finalmente se determina el caudal requerido por fugas que equivale a 54.18 m³/min y al sumar Q_{t1} y Q_{fu} se obtiene como resultado el caudal total requerido de 415.42 m³/min que equivale a 14670.42 ft³/min.

Por otro lado, mediante la realización del diseño y simulación de la red de ventilación en el software Ventsim se concluyó que para cubrir la necesidad del aire en las labores se considera un ventilador axial de 10 000 CFM marca Ktperú modelo AVM-540-350-10 el cual es ideal debido a que satisface la ventilación en sus labores existentes y futuras de profundización. Este ventilador es adecuado considerando flujo de aire, tamaño y menor costo. Posteriormente mediante el levantamiento de las labores de la mina Sirius alfa, la toma de mediciones de flujo de aire y de gases en conjunto con la propuesta de instalación de un ventilador axial de 10 000 cfm, se ejecutó la simulación del diseño de ventilación mediante el software Ventsim, lo que permitió determinar los flujos de aire y se identificó que efectivamente se satisface lo requerido según normativa.

Se concluyó que mediante la determinación de la viabilidad económica de la propuesta del diseño del sistema de ventilación en la unidad minera. Teniendo un requerimiento de caudal total de 14 670 CFM, se optó por un ventilador de 10 000 CFM que tiene un costo estimado de US\$ 3 603.2, la cual incluyó la inversión de US\$2200 del ventilador axial de 10 000 CFM, aumentando el costo de interés total de US\$ 440 y el costo del seguro del primer año que tiene el valor de US\$13.2. Por otro lado, también se debió incluir los costos de mangas de ventilación y accesorios siendo US\$ 450, sin dejar de lado el costo de instalación del sistema de ventilación la cual tiene un valor de US\$ 500. Siendo viable porque se determinó el costo horario de la implementación del ventilador, cual incluye el costo energético de 1.54 US\$/hr, un costo de adquisición del ventilador de 0.16 US\$/hr y un costo de accesorios utilizados de 0.125 US\$/hr. Lo cual permite calcular un costo horario total de 1.825 US\$/hr.

VII. RECOMENDACIONES

Para llevar a cabo esta investigación y estudios similares, es altamente recomendable realizar detección de agentes químicos con el fin de determinar si exceden los límites permitidos establecidos. Es crucial contar con un equipo detector de gases, como el Altair, que permita identificar la presencia de sustancias nocivas.

Es importante considerar la fluctuación de costos relacionados con los ventiladores, alcayatas y mangas de ventilación necesaria para su instalación. Además, es crucial tener en cuenta el costo energético, el cual puede variar dependiendo de la ubicación geográfica del proyecto.

REFERENCIAS

1. ANDIA, Franco. 2019. Diseño de chimeneas gemelas para mejorar la ventilación en los niveles 1790 – 2050 veta Paula CIA Minera Yanaquihua. Tesis en línea. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, 2019. 127pp. Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10842/IMangrff.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

2. BEDREGAL, Paula; BESOAIN, Carolina; REINOSO, Alejandro y ZUBAREW, Tamara. La investigación cualitativa: un aporte para mejorar los servicios de salud. 2017. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v145n3/art12.pdf>

3. BONNEMASON, Bénédicte; GINOUVÉS, Véronique y PÉRENNOU, Véronique. Guía de análisis documental del sonido inédito. 2007. Biblioteca Nacional de Colombia. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00277751/file/Guia_de_analisis_documental_08-02-08.pdf

4. BUSTAMANTE, Moisés; DAZA, Alan y BUSTAMANTE, Pablo. Simulation software VENTSIM™ the influence of implementation of work abandoned sealings ventilation of an underground coal mine. 2016. [Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n43/0120-3630-bcdt-43-00005.pdf>

5. CAMPOS, Guillermo y LULE, Nallely. La observación, un método para el estudio de la realidad. 2012. Universidad La Salle Pachuca. ISSN: 1870_6703. Disponible en:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjiv_aj2bj7AhXXG7kGHYkaDQYQFnoECBMQAw&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F3979972.pdf&usq=A0vVaw1Z08gr1cnyBmVqPOeC5AP5

6. CASTELLANOS, Luis. Metodología de la Investigación. 2017. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://lcmetodologiainvestigacion.wordpress.com/2017/03/02/tecnica-de-observacion/>
7. CASTILLO, Daniel. Evaluación del sistema de ventilación de la mina el Roble. 2017. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1886/1/TGT-457.pdf>
8. CAXI, Yoman. Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de Minera Sotrami S.A. – UEA Santa Filomena – aplicando el software VentSim. Tesis en línea. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. 192pp.
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3095/Mlcallly.pdf?sequence>
9. CHAUDHURI, Luis. Metodología de Investigación. Centro de Educación Virtual. 2018. Maestría en Economía Circular. Disponible en: <https://puceapex.puce.edu.ec/web/cev/muestreo-2/>
10. CHOQUE, Omar. Optimización del sistema de ventilación para el proyecto cortada 3800 – Quenamari, U.M. San Rafael – MINSUR. Tesis en línea. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016. 88pp. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2303/Choque_Velarde_Omar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. DÍAZ, Rosulo. Optimización del sistema de ventilación como un método de control de la calidad del aire en la Mina San Rafael, de la Región Puno. Tesis en línea. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019. 131pp.
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10028/UPdiflr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

12. DURÁN, Jimmi. Mejoramiento de la ventilación en la mina subterránea - Mina Colquijirca CIA. De minas Buenaventura S.A.A. Tesis en línea. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018. 136pp. Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/512/1/T026_72490254_T.pdf
13. ESCOBAR, Brenda y RODAS, Grecia. Diseño de una red de ventilación para optimizar la evacuación de los gases producidos por voladura - Unidad de Producción Pallasca. Tesis en línea. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. 74pp. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60839/Escobar_GBA-Rodas_EGC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14. GASTELO, Guido. Diseño de ventilación para suministro de aire fresco en la Mina Pallasca – Ancash. Tesis en línea. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2021. 68pp. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/93863/Gastelo_CGA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. GOMEZ, Arturo y ALCALA, Miguel. Sistema de Ventilación para Optimizar las Operaciones en la Integración de dos Unidades de Producción en una empresa minera, La Libertad 2021. 2021. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.iiis.org/CDs2022/CD2022Spring/papers/CB220KJ.pdf>
16. GUEVARA, Iván y VILLANUEVA, Willam. Evaluación y propuesta del sistema de ventilación en el sub nivel 058 en Minera Troy SAC - Cajamarca 2018. Tesis en línea. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13953/Guevara%20Rojas%20lv%20a1n%20-%20Villanueva%20Bola%20b1os%20Willam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. HUAMANÍ, Juan. Mejoramiento del sistema de ventilación subterránea de la Mina Condor IV, Minera el Palacio del Cóndor S.A.C. Tesis en línea. Huancayo:

Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020. 150pp. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6659/T010_73710184_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

18. HERRERA, Juan. Introducción a la ventilación minera. Global Engineering Business Howden, 2019. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2022].. Disponible en: https://oa.upm.es/70227/3/VENTILACION_DE_MINA_LM2B5T3_R0-20190418.pdf

19. IBAÑEZ, Vicencio. Diseño del Sistema de Ventilación en el NV 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir – MILPO. Tesis en línea. Huancayo: Universidad Continental, 2018. 111pp. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4453/3/IV_FIN_110_TE_Ibanez_Zamudio_2018

20. JALAL, Julio; RAMOS, Mónica, et al. Métodos de investigación. 2015. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://metfahusac.weebly.com/uploads/6/5/0/9/65099471/informe_creativo-grupo_5.pdf

21. LAURA, Saúl. Análisis del sistema de ventilación e implementación de proyectos de chimeneas estratégicas para incrementar el caudal de aire con simulaciones del Software Ventsim, mina Hércules - 2014. Tesis en línea. Huamanga: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, 2016. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2187/1/Tesis%20M770_Lau.pdf

22. LLACHO, Ubaldo y VARGAS, Armando. Estudio del sistema de ventilación para el control de agentes químicos y físicos, U.O. Pallancata – veta Pablo – 2018. Tesis [en línea]. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2020. 215pp. Disponible en: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3417/Ubaldo%20Llacho_Armando%20Vargas_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

23. LLANO, Caxi. Estudio de ventilación e implementación de mejoras en el circuito de ventilación de Minera Sotrami S.A. – UEA Santa Filomena – aplicando el software Ventsim. Tesis en línea. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. 192pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3095/Mlally.pdf?sequence>
24. LÓPEZ, Pedro. 2016. Población, muestra y muestreo. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rpc/v09n08/v09n08a12.pdf>
25. LOYOLA, Gerardo. Construcción del pique 158e para la optimización del laboreo minero en la Unidad de Paula – Cedimin S.A.C. Tesis [en línea]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. 179pp. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2175/Loyola%20Mallqui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. MAGÜIÑA, José. 2018. Aplicación del software Ventsim para el diseño y optimización proyectada del sistema de ventilación en la mina Hércules de la Compañía Minera Lincuna S.A. – año 2017. Tesis en línea. Huaraz: Universidad Nacional Santo Antúnez de Mayolo, 2018. 153pp. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2898>
27. MAMANI, Richard. Estudio y diseño del sistema de ventilación de las zonas Yurika y Pablo, Hochschild Mining - Unidad Operativa Pallancata. Tesis en línea. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019. 173pp. Disponible en: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5111/253T20190836_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28. NICOMEDES, Esteban. Tipos de investigación. 2018. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.usdq.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>

29. PINTO, César. Inspección geológica a las labores mineras en el centro poblado “Desaguadero”. Noviembre 2021. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/601924280/INFORME-GEOLOGICO-Noviembre-2021-docx-1>
30. PORTILLA, Renzo y VELARDE, Bryan. 2018. Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica – 2015. Tesis en línea. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. 79pp. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11523/PORTILLA_VENTILACION_OPERACION_MINERA_SUBTERRANEA.pdf?sequence=1
31. RAMÍREZ, Nicolás y FUENTES, Claudio. Modelamiento del sistema de ventilación y control de metano con el simulador VENTSIM™ en la mina subterránea de carbón Fezmine, Polonia. Tesis en línea. Chile: Universidad de Concepción, 2019. 162pp. Disponible en: http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/332/1/Tesis_Modelamiento_del_sistema_de_ventilacion_y_control_de_metano.Image.Marked.pdf
32. RICSE, Roly. 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 en línea. Huancayo: Universidad Continental, 2021. 114pp. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8706/4/IV_FIN_110_TE_Ricse_Ramos_2021.pdf
33. RUBIO, María. El análisis documental: indización y resumen en bases de datos especializadas. 2018. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: http://eprints.rclis.org/6015/1/An%C3%A1lisis_documental_indizaci%C3%B3n_y_resumen.pdf
34. SAAVEDRA, Yrvin. Sistema de ventilación, usando el software VENTSIM en la compañía minera Chahuane, Camaná, Arequipa, 2017. Tesis en línea. Huaraz:

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018. 139pp. Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3585/T033_4578735_0_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

35. Servicio Nacional de Geología y Minería. Guía metodológica de seguridad para proyectos de ventilación de minas. 2008. [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/200812GuiaVentilacionMinas.pdf>

36. TACURI, Amilcar. Evaluación Geomecánica del macizo rocoso para la aplicación del sostenimiento en la mina Hércules – Cia Minera Lincuna S.A. Tesis en línea. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2017. 122pp. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/2206/1/Tesis%20M789_Tac.pdf

37. URETA, Israel. Instalación del sistema de ventilación del túnel de conducción subterráneo de minas - Minera Milpo Andina. Tesis en línea. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018. 88pp. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5523/INFORME%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

38. VALAREZO, Moisés. 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 en línea. Ecuador: Universidad de Azuay, 2020. 103pp. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10146/1/15776.pdf>

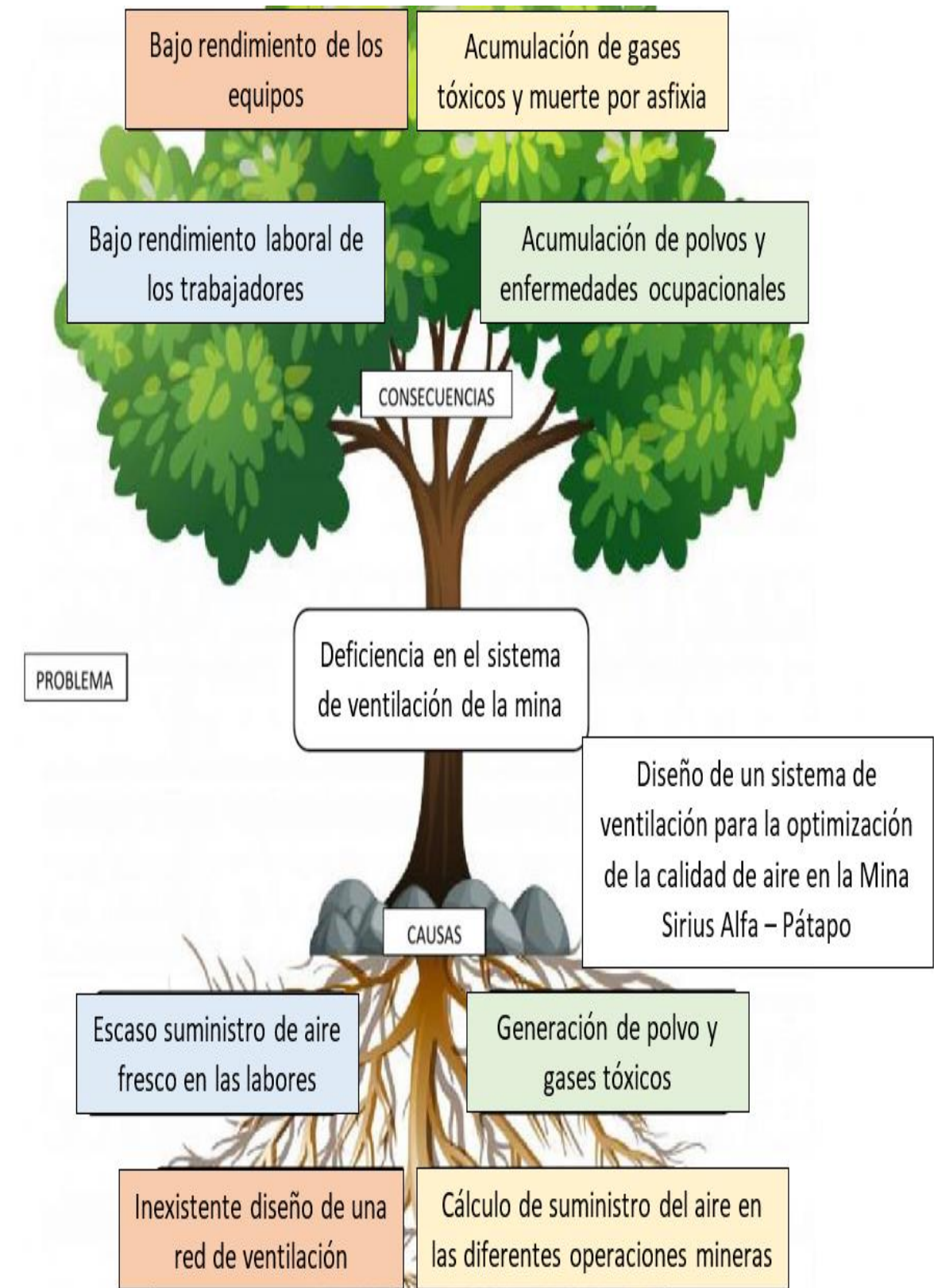
39. VAZQUEZ, María. Muestreo probabilístico y no probabilístico. 2017. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2017/02/muestreo-probabilistico-no-probabilistico-guadalupe.pdf>

40. VERGARAY, Roy. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA CHARITO, COMPAÑÍA MINERA PODEROSA S.A. Tesis en línea. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017. 75pp. Disponible en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10033/Vergaray%20Valle%20C%20Roy%20Marlon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 01. Árbol de problemas.



Anexo 02. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE: Diseño de un sistema de ventilación	Según Herrera (2019), el sistema de ventilación en una mina es el aspecto más importante de la operación, ya que influye en la salud del personal, productividad de la mina y seguridad en las operaciones.	El diseño de un sistema de ventilación en mina subterránea es un circuito por el cual fluye el aire tanto para ingresar a mina como para expulsarlo.	Geología del yacimiento	Estructural	Nominal
				Regional	
				Local	
			Tipos de ventilación	Natural	
Mecanizada					
DEPENDIENTE:	Loyola (2013), optimizar la calidad del aire se refiere a brindar las condiciones	La optimización de la calidad del aire implica el cumplimiento de un conjunto de		Maquinaria	Nominal
				Número de trabajadores	
				Temperatura	
				Fugas	

Optimización de la calidad del aire	necesarias para que las labores dentro de mina se desarrollen de la forma mejor posible.	actividades con el fin de mantener el área de trabajo bajo las mejores condiciones ambientales posibles; es decir, haya un buen flujo de aire en aquella zona.	Cálculo del flujo de aire	Consumo de	
				madera	
				Cantidad de explosivo	
				Densidad del aire	

Anexo 03. Matriz de consistencia.

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA MINA SIRIUS ALFA – PÁTAPO”						
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
DEFICIENCIA EN EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA MINA	Diseñar un sistema de ventilación en la mina Sirius Alfa para optimizar la calidad del aire en interior de la Mina Sirius Alfa	El diseño de un sistema de ventilación en la mina Sirius Alfa optimizará la calidad del aire.	Diseño de un sistema de ventilación	Investigación aplicada	Toda la unidad minera Sirius Alfa – Pátapo, incluyendo todas sus labores subterráneas	Técnica de análisis documental Técnica de observación
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS
	Determinar los parámetros geológicos del yacimiento y las labores subterráneas de la unidad minera Sirius Alfa.		Optimización de la calidad del aire	Diseño experimental	Se considera la Labor 01 (tiene una longitud de 83 metros y una sección de 1.8 m x 2 m) y la Labor	Guía de análisis documental

<p>Calcular el caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada.</p>				<p>03 (tiene un avance de 44 metros y una sección de 1.8 m</p>	
<p>Realizar el diseño y simulación de la red de ventilación en el software Ventsim.</p>				<p>x 2 m)</p>	
<p>Determinar la viabilidad económica del diseño del sistema de ventilación en la unidad minera.</p>					<p>Guía de observación</p>

Anexo 04. Carta de aceptación de la empresa.

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CARTA DE AUTORIZACIÓN: USO DE DATOS DE EMPRESA CON FINES DE INVESTIGACIÓN

Presente.

Reciba un cordial saludo y expresarle mi estima personal, se ha recibido el oficio N° 093- 2022-UCV-CH/ EPIM de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de UCV -Filial Chiclayo, solicitando las facilidades para la realización de investigación.

Yo, Romil Martínez Hoyos, identificado con N° DNI 44112793, RUC. 10441127931, en calidad de Operador Minero con código 640003520 para ser desarrollada en la Concesión la cual se ubica en centro poblado el desaguadero, distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque; autorizo utilizar los datos de la empresa SIRIUS ALFA dando las facilidades para la investigación a ser desarrollada en el proyecto de investigación titulada "**Diseño del sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa - Pátapo**", a los investigadores **Cieza Herrera Aldair**, identificado con N° DNI 75759317 y **Rabines Panduro Cynthia**, identificada con N° DNI 74157667, para que hagan uso de la misma con fin de investigación.

Atentamente.



Romil Martínez Hoyos.
N° DNI 44112793

Chiclayo, 13 de octubre de 2022.

Anexo 05. Guía de análisis documental.

Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo

Objetivo: Determinar los parámetros geológicos del yacimiento y las labores subterráneas de la unidad minera Sirius Alfa.

Tema de investigación:
Subtema:
Referencia bibliográfica:
Cita Textual:
Parafraseo:

Anexo 06. Guía de observación.

Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo

Objetivo: Calcular el caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada.

Característica	Unidad de medida	Observaciones
Altura		
Número de maquinaria Diesel		
Número de trabajadores		
Cantidad de madera		
Área de la sección		

Anexo 07. Guía de observación: medición de la velocidad del viento.

Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo

Objetivo: Calcular el caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada.

	Mina:		
	Instrumento utilizado:		
	Coordenadas:	Velocidad en (m/s)	Sección de la labor (m ²)
1			
2			
3			
4			
5			

Anexo 08. Guía de observación: medición de temperatura y presión

Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la mina Sirius Alfa – Pátapo

Objetivo: Calcular el caudal de aire necesario para poder cumplir con una ventilación adecuada.

Mina: Sirius Alfa		Fecha:	
N° Estación:	Ubicación:	Cota:	Hora:
Sección:		Anemómetro:	

Temperatura: Temperatura húmeda:	Presión exterior: Presión interior:
Producción en toneladas métricas:	Capacidad efectiva de potencia (HPs): Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%): Factor de utilización promedio de los equipos (%):
Cantidad de explosivo:	
Observaciones:	

Anexo 09. Vista en Google Earth de la mina Sirius Alfa.



Fuente propia.

Anexo 10. Validación de instrumentos por experto 1.

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(FICHAS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN)

Experto: Dr. Yovana Edith Medina Vasquez
 Centro de trabajo y cargo que ocupa: UCV - DTC MINAS
 Dirección: PIMENTEL
 e-mail: mvasquez@ucvvirtual.edu.pe Teléfono: 975429331

N°	PREGUNTAS	DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	¿El instrumento responde al título del trabajo de investigación?				X
02	¿el instrumento responde a los objetivos de investigación?				X
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?				X
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			X	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			X	
06	¿los ítems están redactados en forma clara y precisa?				X
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?				X
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?				X
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?			X	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			X	

Opinión de aplicabilidad: Es factible de aplicar, y a la vez sugiero considerar las variaciones de h y P debido al nivel de oxígeno y el consumo del mismo por hombre y por maquina.

M. Vasquez

Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 16753873

Fecha: 17-11-2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(GUÍA DE OBSERVACIÓN)

Experto: Dr. Yovana Edith Medina Vásquez

Centro de trabajo y cargo que ocupa: UCV - DTC MINAS

Dirección: PIMENTEL

e-mail: mvásquez@ucvvirtual.edu.pe Teléfono: 975 429331

N°	PREGUNTAS		DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado			X	
02	Objetividad	Está expresado en conductas observables			X	
03	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología			X	
04	Organización	Existe una organización lógica			X	
05	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad			X	
06	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias			X	
07	Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos			X	
08	Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores			X	
09	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico			X	
10	Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación			X	

Opinión de aplicabilidad:

ES FACTIBLE SU APLICACIÓN



Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 16753873

Fecha: 17-11-2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

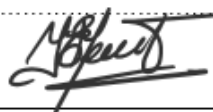
(GUÍA DE OBSERVACIÓN: Medición de la velocidad del viento)

Experto: Dr. Yovana Edith Medina Vasquez
 Centro de trabajo y cargo que ocupa: UCV - DTC MINAS
 Dirección: PIMENTEL
 e-mail: mvasquez@ucvvirtual.edu.ve Teléfono: 975429331

N°	PREGUNTAS	DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	¿El instrumento responde al título del trabajo de investigación?			X	
02	¿el instrumento responde a los objetivos de investigación?			X	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?			X	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			X	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			X	
06	¿los ítems están redactados en forma clara y precisa?			X	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?			X	
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			X	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?			X	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			X	

Opinión de aplicabilidad:

ES FACTIBLE SU APLICACIÓN



Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 16753873

Fecha: 17-11-2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(GUÍA DE OBSERVACIÓN: Medición de temperatura y presión)

Experto: Dr. Yvana Edith Medina Varguez

Centro de trabajo y cargo que ocupa: UCU - DTC MINAS

Dirección: PIMENTEL

e-mail: ymedina@ucvvirtual.edu.ve Teléfono: 975429331

N°	PREGUNTAS	DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	¿El instrumento responde al título del trabajo de investigación?			X	
02	¿el instrumento responde a los objetivos de investigación?			X	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?			X	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			X	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			X	
06	¿los ítems están redactados en forma clara y precisa?			X	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?			X	
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			X	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?			X	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			X	

Opinión de aplicabilidad:

ES FACTIBLE DE APLICAR, ÍTEMS CONSIDERADOS ADECUADOS.



Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 16753873

Fecha: 17-11-2022

Anexo 11. Validación de instrumentos por experto 2.

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (FICHAS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN)

Experto: Dr. (Mg): Mauro Salvador Paico

Centro de trabajo y cargo que ocupa: Empresa Sergeoing SRL.

Dirección: MZ.C -Lt16 Urb. San Antonio

e-mail: maurosalmalpai@hotmail.com Teléfono: 947801456

N°	PREGUNTAS	DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	¿El instrumento responde al título del trabajo de investigación?				↙
02	¿el instrumento responde a los objetivos de investigación?			↙	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?			↙	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			↙	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			↙	
06	¿los ítems están redactados en forma clara y precisa?				↙
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?				↙
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			↙	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?			↙	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			↙	

Opinión de aplicabilidad:

.....
.....
.....



MAURO SALVADOR PAICO
INGENIERO GEÓLOGO
Reg. CP N° 19991

MAURO SALVADOR PAICO
Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 45454682

Fecha: 20/11/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(GUÍA DE OBSERVACIÓN)

Experto: Dr. (Mg): Mauro Salvador Paico

Centro de trabajo y cargo que ocupa: Empresa Sergeoing SRL.

Dirección: MZ.C –Lt16 Urb. San Antonio

e-mail: maurosalmalpai@hotmail.com Teléfono: 947801456

N°	PREGUNTAS		DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado			↙	
02	Objetividad	Está expresado en conductas observables				↙
03	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología			↙	
04	Organización	Existe una organización lógica			↙	
05	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad			↙	
06	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				↙
07	Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos			↙	
08	Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores			↙	
09	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				↙
10	Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación			↙	

Opinión de aplicabilidad:

.....



MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP N° 19293

MAURO SALVADOR PAICO

Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 45454682

Fecha: 20/11/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(GUÍA DE OBSERVACIÓN: Medición de la velocidad del viento)

Experto: Dr. (Mg): Mauro Salvador Paico

Centro de trabajo y cargo que ocupa: Empresa sergeoing SRL.

Dirección: MZ.C –Lt16 Urb. San Antonio

e-mail: maurosalmalpai@hotmail.com Teléfono: 947801456

N°	PREGUNTAS	DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	¿El instrumento responde al título del trabajo de investigación?				↙
02	¿el instrumento responde a los objetivos de investigación?			↙	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?			↙	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			↙	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			↙	
06	¿los ítems están redactados en forma clara y precisa?			↙	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?				↙
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			↙	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?				↙
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			↙	

Opinión de aplicabilidad:

.....



MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CIP N° 199993

MAURO SALVADOR PAICO

Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 45454682

Fecha: 20/11/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(GUÍA DE OBSERVACIÓN: Medición de temperatura y presión)

Experto: Dr. (Mg): Mauro Salvador Paico

Centro de trabajo y cargo que ocupa: Empresa Sergeoing SRL.

Dirección: MZ.C –Lt16 Urb. San Antonio

e-mail: maurosapai@hotmail.com Teléfono: 947801456

N°	PREGUNTAS	DEFICIENTE (0 - 25)	REGULAR (26 - 50)	BUENA (51 - 75)	MUY BUENA (76 - 100)
01	¿El instrumento responde al título del trabajo de investigación?			↙	
02	¿el instrumento responde a los objetivos de investigación?				↙
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?			↙	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			↙	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			↙	
06	¿los ítems están redactados en forma clara y precisa?				↙
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?			↙	
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			↙	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?				↙
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			↙	

Opinión de aplicabilidad:

.....

MAURO SALVADOR PAICO

Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 45454682

Fecha: 20/11/2022



MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEÓLOGO
 Reg. CP N° 10020

Anexo 12. Validación de instrumentos por experto 3.

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
(FICHAS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN)

Experto: Dr. (Mg): Castro Zavaleta Liliana

Centro de trabajo y cargo que ocupa: Universidad Cesar Vallejo

Dirección: Urbanización Residencial Montemar C4

e-mail: ccastrozav@ucvvirtual.edu.pe

Teléfono: 940148424

N°	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable					x
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable				x	
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización a la variable				x	
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable				x	
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores				x	
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general				x	
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos				x	
8	Las preguntas o ítems están realmente la variable				x	
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente				x	
10	Las preguntas siguen un orden lógico				x	
11	El N° de ítems que cubre cada indicador es el correcto				x	
12	La estructura del instrumento es la correcta				x	
13	Los puntajes de calificación son adecuados				x	
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta				x	

Opinión de aplicabilidad:

.....



Castro Zavaleta Liliana

Nombre y firma del experto validador

DNI N°: 43803365

Fecha: 20/11/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(GUÍA DE OBSERVACIÓN)

Experto: Dr. (Mg): Castro Zavaleta Liliana

Centro de trabajo y cargo que ocupa: Universidad Cesar Vallejo

Dirección: Urbanización Residencial Montemar C4

e-mail: ccastrozav@ucvvirtual.edu.pe

Teléfono: 940148424

Indicadores	Criterios	Deficiente (0-20)	Baja (21-40)	Regular (41-60)	Buena (61-80)	Muy buena (81-100)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado					x
Objetividad	Esta expresado en conducta observables					x
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				x	
Organización	Existe una organización lógica				x	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				x	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				x	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				x	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					x
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnostico				x	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					x

Opinión de aplicabilidad:

.....

.....



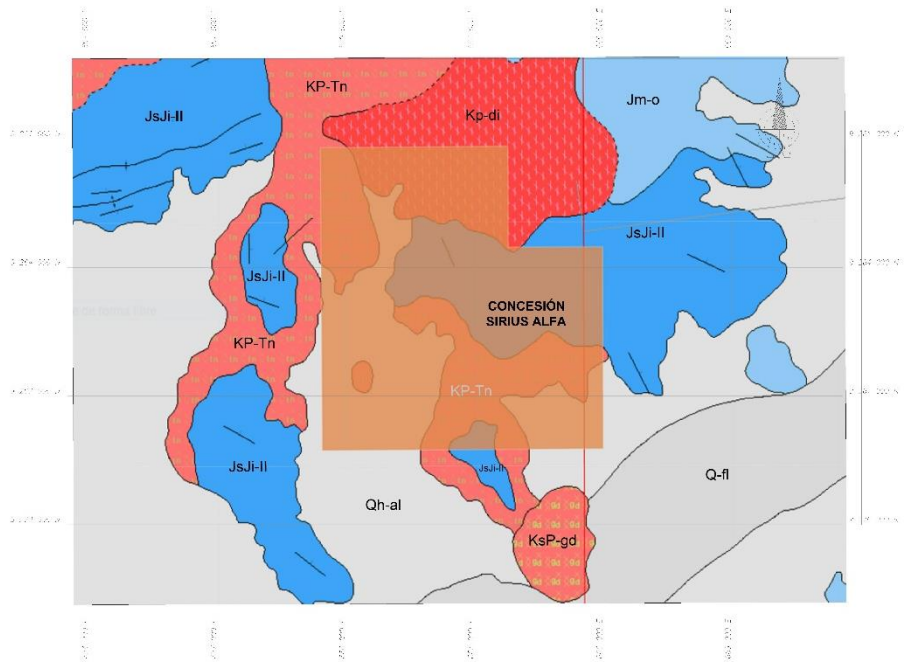
Castro Zavaleta Liliana

Nombre y firma del experto validador

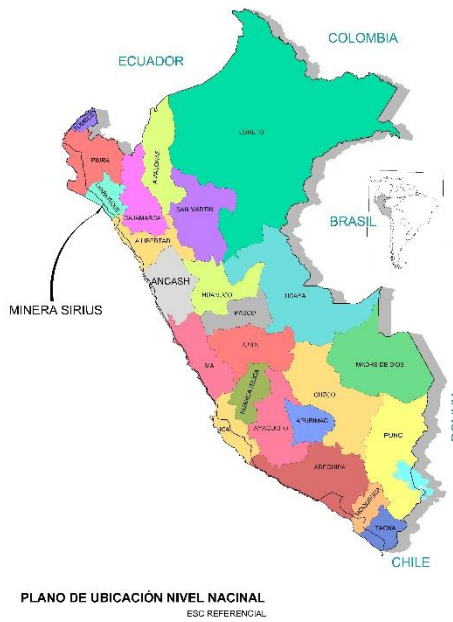
DNI N°: 43803365

Fecha: 20/11/2022

Anexo 14. Geología local.



MAPA GEOLÓGICO LOCAL
PSC 1296000



PLANO DE UBICACIÓN NIVEL NACIONAL
ESC REFERENCIAL

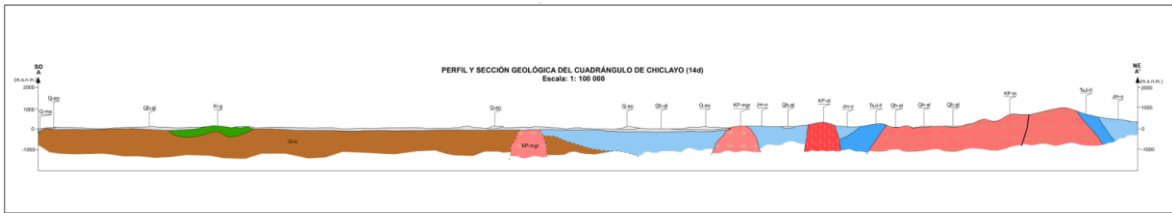
LEYENDA

- KP-di = Roca Intrusiva Diorita
- JsJi-II = Areniscas
- KP-Tn = Roca Intrusiva Tonalita
- KSP-gd = Roca Intrusiva Granodiorita
- Qh-al = Depósito Aluvial
- Q-fl = Depósito Fluvial
- / = Falla
- Área de Concesión = 800 ha.
- Código de Concesión = 640003520

GEOLOGÍA LOCAL		
DISEÑO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA MINA SIRIUS		
TÍTULO		
PLANO DE GEOLÓGIA LOCAL		
ELABORADOR	LABOR	ESCALA
CIEZA HERRERA, ALDAIR RABINES PANDURO, CYNTHIA		
PROYECTO	FECHA	FECHA
PROYECTO DE CANTO LA VENTILACION	12/2020	JULIO 2023
		00

Fuente Propia.

Anexo 15. Perfil y sección geológica del cuadrángulo de Chiclayo.



Fuente: Geocatmin.

Anexo 16. Recopilación de la velocidad del aire en la L1 de la mina Sirius Alfa.

Medición de la velocidad del aire en la labor L1

Progresiva	Velocidad del aire
Entrada	1.4 m/s
Bocamina.	0.49 m/s
0Km + 020 m	0.04 m/s
0Km + 040 m	0.01 m/s
0Km + 060 m	0.01 m/s
0Km + 080 m	0.01 m/s

Fuente propia.

Anexo 17. Recopilación de la velocidad del aire en la L3 de la mina Sirius Alfa.

Medición de la velocidad del aire en la labor L3

Progresiva	Velocidad del aire
Entrada	1.15 m/s
Bocamina	0.48 m/s
0km + 020 m	0.01 m/s
0km + 040 m	0 m/s

Fuente propia.

Anexo 18. Medición de la velocidad del viento con el thermo anemómetro AN100.



Fuente propia.

Anexo 19. Medición de la velocidad del viento en bocamina.



Fuente propia.

Anexo 20. Tolva doble ubicada en el interior de la labor L1.



Fuente propia.

Anexo 21. Bocamina de la labor L3.



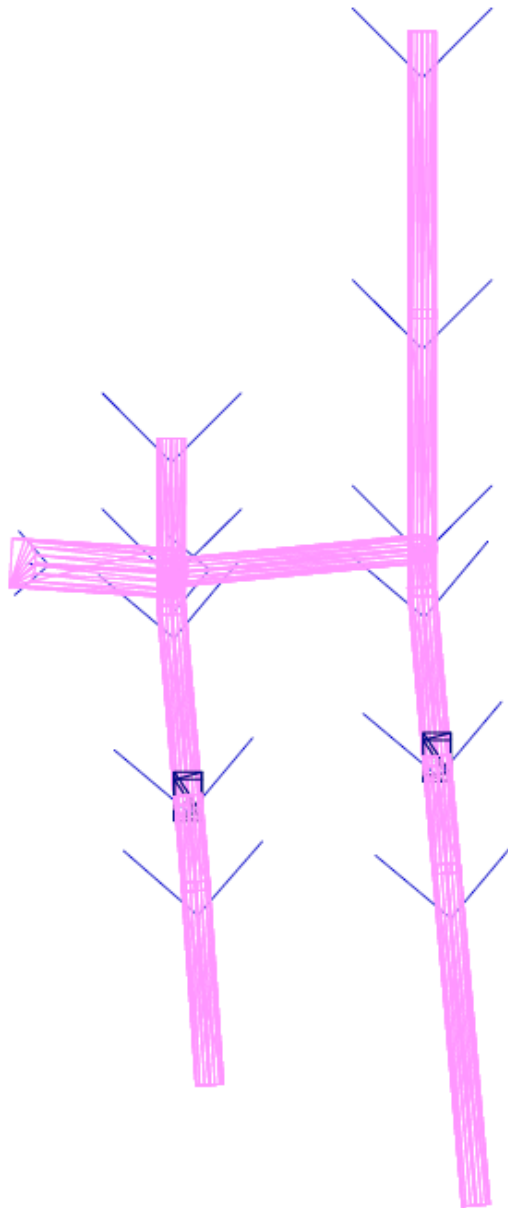
Fuente propia.

Anexo 22. Punto de medición dentro de las labores.



Fuente propia.

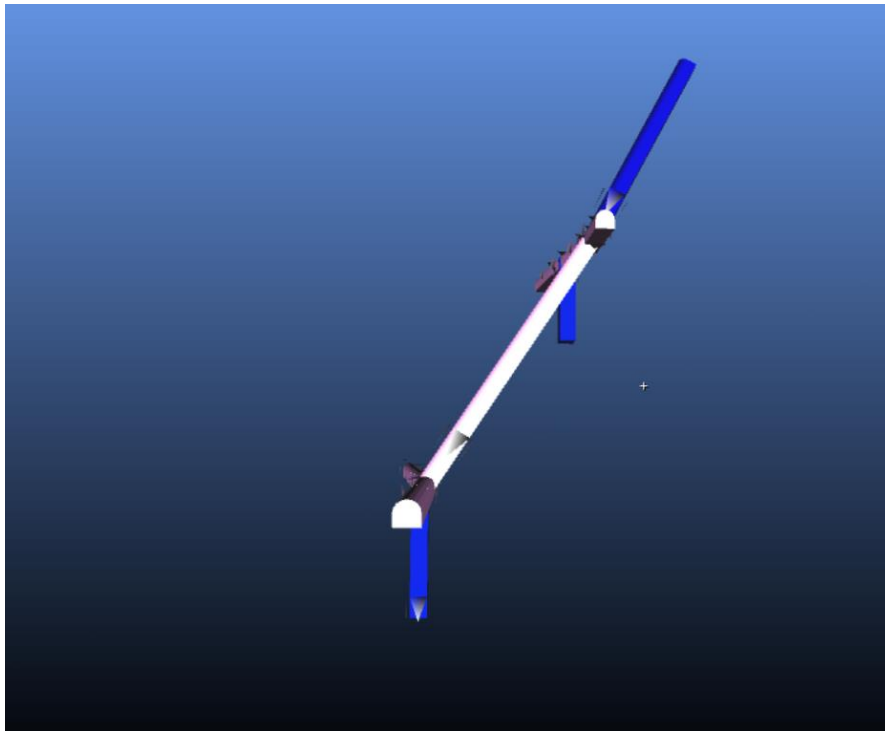
Anexo 23. Vista en planta de las labores de la mina.



VISTA EN PLANTA DE LAS LABORES DE LA MINA	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO "Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa - Pátapo"	
	Mina Sirius Alfa	ELABORADO POR:
	Dpto. Lambayeque	Cieza Herrera Aldair
	Provincia Chiclayo	Rakines Panduro Cynthia
	Distrito Pátapo	ESCALA : 1:500
Sector Desaguadero	Fecha 03 de julio 2023	

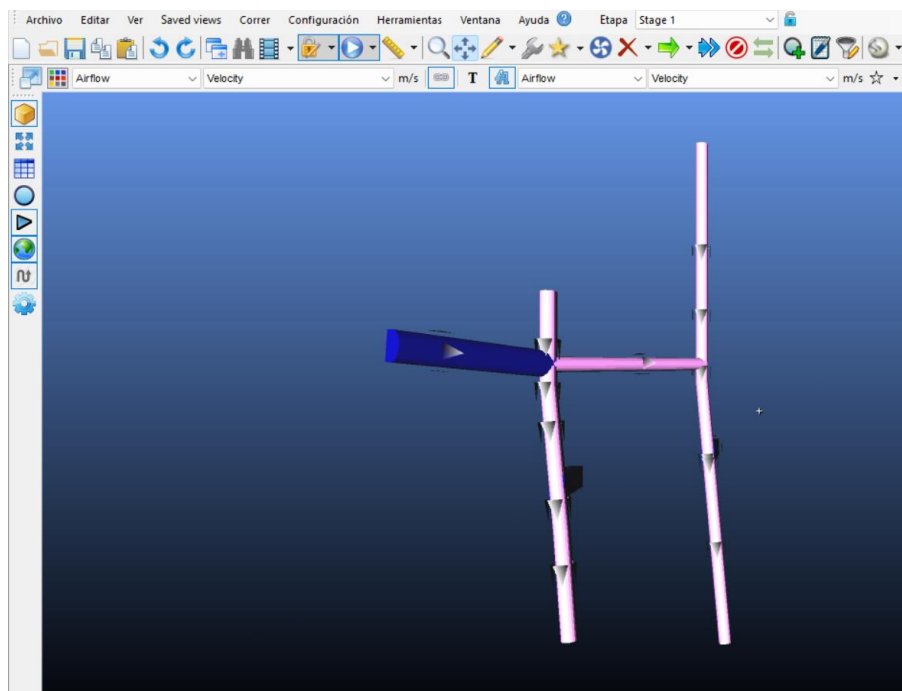
Fuente propia.

Anexo 24. Vista en frente del diseño de simulación en software Ventsim.



Fuente propia.

Anexo 25. Vista planta del diseño de simulación en software Ventsim.



Fuente propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FIGUEROA ALFARO RICHARD WAGNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de un sistema de ventilación para la optimización de la calidad de aire en la Mina Sirius Alfa – Pátapo", cuyos autores son CIEZA HERRERA ALDAIR, RABINES PANDURO CYNTHYA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 10 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FIGUEROA ALFARO RICHARD WAGNER DNI: 43971832 ORCID: 0000-0002-2159-6160	Firmado electrónicamente por: RWFIGUEROAAL el 10-07-2023 08:49:53

Código documento Trilce: TRI - 0582727