

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Implementación del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel
Caira 4 de la mina Huinac Huaraz - 2023

Presentado Por:
Beltran Mallma Muñoz

Para optar el Título de: Ingeniero de Minas

Abancay, Perú
2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM PARA OPTIMIZAR EL
SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL NIVEL CAIRA 4 DE LA MINA HUINAC
HUARAZ - 2023”**

Presentado por **Beltran Mallma Muñoz**, para optar el Título de:
INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 4 de enero del 2024, ante el jurado evaluador:

Presidente:


Dr. Edgar Zenón Vilca Mansilla

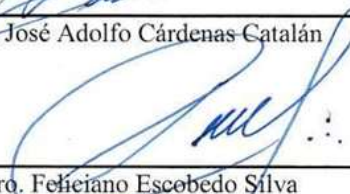
Primer Miembro:


Ing. Alex Fidel Becerra Camacho

Segundo Miembro:


Mg. José Adolfo Cárdenas Catalán

Asesor:


Mstro. Feliciano Escobedo Silva

AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS
HEROICAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

CONSTANCIA N° 081-2024-D. UIFI-UNAMBA

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC.

HACE CONSTAR:

Que, Beltrán MALLMA ÑUÑOZ, identificado con DNI N° 43835287, y con Código N° 11118 Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, HA CUMPLIDO CON LA PRESENTACIÓN DE 01 EMPASTADO del informe final de tesis titulada: "Implementación del Software Ventsim para Optimizar el Sistema de Ventilación en el nivel Caira 4 de la Mina Huinac Huaraz-2023", debidamente refrendados con firma original de los jurados evaluadores, en mérito a la RESOLUCIÓN N° 040-2024-DFI-UNAMBA, que aprueba el Acta de Sustentación de tesis antes mencionada.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, a los 27 días del mes de mayo del año dos mil veinticuatro, en cumplimiento del Artículo N° 28 inciso n) del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAMBA y para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
DE APURIMAC


Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo.
REG. N° 326

Agradecimiento

*Agradezco a Dios por la sabiduría, que me dio la vida y las oportunidades que me ha otorgado, a superar, luchar, ser perseverante en la vida, levantarme cada mañana con el sueño de lograr mis objetivos y metas, superar las adversidades y creer en uno mismo (nadie debería juzgarte, porque nadie sabe el valor que uno tiene), por eso agradezco el gran apoyo a mis queridos padres que siempre estarán de dentro de mi corazón. También a mi alma mater, “**La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac**” eterno agradecimiento a la “**Escuela Académico Profesional de ingeniería de Minas**” a los ingenieros docentes que contribuyeron con mi formación académica universitaria.*

Ser minero es algo esencial y mágico inolvidable, entrega en cuerpo y alma a esta rama de la ingeniería por eso hago un agradecimiento especial a la Empresa Minera Huinac S.A.C.; que me ha brindado ser parte de ella, contribuyendo en mi formación habiendo plasmado los conocimientos adquiridos, contando con el apoyo de mis compañeros de trabajo, para culminar este trabajo de investigación científica.



Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón, este trabajo de investigación a mis padres Lucila Muñoz Juro y Sebastián Mallma Bermúdez, a mis hermanos, esposa, hijos y amigos, que siempre han estado en los momentos más difíciles de mi vida dándome la fuerza y fortaleza durante mi formación profesional.



“Implementación del Software Ventsim para Optimizar el Sistema de Ventilación en el Nivel
Caira 4 de la Mina Huinac Huaraz - 2023”

Línea de Investigación: Geología, Geotecnia y Medio Ambiente

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del Problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.2.3 Justificación de la investigación	6
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.2.1 Objetivo general.....	7
2.2.2 Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.3 Hipótesis general.....	7
2.2.4 Hipótesis específicas.....	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	9
3.1 Antecedentes	9
3.1.1 Ubicación	15
3.1.2 Acceso para llegar a la mina Huinac.....	15
3.1.3 Ubicación satelital con Google Earth geográficas.....	16
3.1.4 Topografía de la mina Huinac.....	17
3.1.5 Fisiografía	18
3.1.6 Geología regional.....	18
3.1.6.1 Formación Carhuaz.....	19
3.1.6.2 Formación Santa	19
3.1.6.3 Grupo Calipuy.....	19
3.1.7 Geología local	20
3.1.7.1 Rocas sedimentarias.....	20
3.1.7.2 Roca metamorfismo	20
3.1.7.3 Rocas intrusivas	21
3.1.7.4 Rocas volcánicas.....	21
3.1.8 Clima.....	21



3.1.9	La temperatura	22
3.1.10	Flora y fauna	22
3.2	Marco teórico	22
3.2.1	Software ventsim (V - Independiente).....	22
3.2.1.1	Las funciones del software ventsim	23
3.2.1.2	Tamaño de conducto y sus dimensiones	24
3.2.1.3	Actualización de mejoras del software ventsim.....	24
3.2.1.4	Las características	24
3.2.1.5	Plano de edición.....	25
3.2.1.6	Recirculación de aire en cada conducto	26
3.2.1.7	Diseño de circuito de ventilación.....	26
3.2.1.8	Circuito de ventilación.....	27
3.2.1.9	Sistema de funcionamiento de ventilador axial	27
3.2.1.10	Componentes del ventilador	28
3.2.1.11	Características de un ventilador	28
3.2.1.12	Las curvas características.....	29
3.2.1.13	Descripción de manga de ventilación	30
3.2.2	La ventilación (V - Dependiente)	30
3.2.3	El sistema de ventilación	31
3.2.4	El aire	31
3.2.5	El aire en la mina subterránea	32
3.2.5.1	Propiedad física de aire	33
3.2.5.2	Respiración humana de acuerdo al ritmo del oxígeno	33
3.2.6	Los gases que propagan en la atmosfera en la mina subterránea.....	33
3.2.7	Límites máximos permisibles de sustancia química	35
3.2.8	Temperatura efectiva	36
3.2.9	Humedad relativa	36
3.2.10	Termómetro de bulbo húmedo.....	37
3.2.11	Termómetro de bulbo seco.....	37
3.2.12	Ley de Kirchhoff.....	37
3.2.13	Primera ley de Kirchhoff	37
3.2.14	Segunda ley de Kirchhoff	38
3.2.15	La presión.....	38
3.2.16	Tipos de la temperatura.....	39
3.2.17	Caudal de aire	40
3.2.18	Requerimiento de aire para el personal.....	40
3.2.19	Requerimiento de aire por cada cantidad de equipo en la mina	41
3.2.20	Requerimiento por cantidad de explosivos	41

3.2.21	Medida de temperatura en la mina.....	41
3.2.22	Ingeniería de control de polvo	42
3.2.23	Teoría de método cross Kirchhoff	42
3.2.24	La ley de Kirchhoff.....	42
3.2.25	Sistema ventilación auxiliares.....	43
3.2.25.1	Ventilación impelente	43
3.2.25.2	Ventilación aspirante	43
3.2.26	Velocidad de aire	44
3.2.27	Tipos de ventilación.....	44
3.2.27.1	Ventilación natural.....	45
3.2.27.2	Ventilación mecánica.....	45
3.2.27.3	Ventilador auxiliar	46
3.2.28	Circuito de ventilación en la mina subterráneas	46
3.2.28.1	Circuito en serie	46
3.2.28.2	Circuito en paralelo.....	47
3.2.29	Ventiladores	47
3.2.29.1	Tipos de ventiladores	47
3.2.30	El control de ventilación en la mina	49
3.3	Marco conceptual (palabras claves).....	50
CAPÍTULO IV.....		52
METODOLOGÍA.....		52
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	52
4.1.1	Tipo de investigación.....	52
4.1.2	Nivel de investigación.....	52
4.2	Diseño de la investigación	52
4.3	Descripción ética de la investigación.....	53
4.4	Población y muestra.....	53
4.4.1	Población.....	53
4.4.2	Muestra	53
4.5	Procedimiento de investigación	53
4.5.1	Recopilación de trabajo en campo	54
4.5.2	Medición en campo.....	54
4.5.3	Medición de área.....	54
4.5.4	Medición de gases.....	54
4.5.5	Medición de la velocidad de flujo de aire en la galería Caira.....	55
4.5.6	Medición de velocidad de aire en la chimenea	55
4.5.7	Medición de temperatura y humedad relativa en la galería Caira	56
4.5.8	Redacción final de datos tomado en campo.....	57

4.6	Técnica e instrumentos	59
4.7	Análisis estadístico.....	59
CAPÍTULO V		60
RESULTADOS Y DISCUSIONES		60
5.1	Análisis de resultados	60
5.1.1	Análisis de optimización de sistema de ventilación	60
5.1.2	Ventilación natural de la mina Huinac.....	60
5.1.3	Análisis actual de Ingreso de flujo de aire en el nivel Caira 4 y 4.1.....	61
5.1.4	Salida de aire viciado en el nivel Caira 4 y 4.1.....	62
5.1.5	Requerimiento de Flujo de aire por consumo de equipos y materiales	63
5.1.6	Diseño de circuito de ventilación aplicando software ventsim.....	64
5.1.7	La optimización de eficiencia de ventilador en el nivel Caira 4.....	65
5.1.8	Optimización de las curvas característica	66
5.1.9	Diseño de la manga de ventilación	67
5.1.10	Ingreso de flujo de aire en el nivel 4 y 4.1 (V - Independiente)	68
5.1.11	Comparación de ingreso de flujo de aire antes y durante de la optimización.....	70
5.1.12	Salida de aire viciado en el nivel Caira 4 y 4.1 antes y durante	71
5.1.13	Resultado de balance de flujo de aire optimizando el sistema de ventilación	73
5.2	Contrastación de hipótesis (si corresponde por tipo de investigación).....	74
5.3	Discusión.....	74
CAPÍTULO VI.....		76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		76
6.1	Conclusiones.....	76
6.2	Recomendaciones	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		78
ANEXOS.....		83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionales de Variables	8
Tabla 2 — Coordenadas de la Concesión de la Mina Huinac	15
Tabla 3 — Acceso para Llegar a la Mina Huinac	15
Tabla 4 — Las Características de Ventiladores Axial.....	29
Tabla 5 — La Composición de Aire Seco	32
Tabla 6 — Respiración Humana de Acuerdo al Ritmo del Oxígeno	33
Tabla 7 — Los Gases en la Atmosfera en la Minas Subterráneas.....	34
Tabla 8 — Los Efectos de la Deficiencia del Oxígeno en la Atmosfera.....	35
Tabla 9 — La Cantidad de Aire Requerido por Cada Persona.....	40
Tabla 10 — Velocidad de aire	44
Tabla 11 — Medición de Gases en la Galería Caira	54
Tabla 12 — Redacción Final de Datos en Campo.....	57
Tabla 13 — Diagrama de Sistema de Ventilación.....	58
Tabla 14 — El Ingreso de Aire de Ventilación Natural en el Nv Caira 4 y 4.1	60
Tabla 15 — La Salida de Aire Viciado de Ventilación Natural	61
Tabla 16 — El Análisis de Ingreso de Flujo de Aire en el Nivel Caira 4 y 4.1	61
Tabla 17 — La Salida de Aire Viciado en el Nivel Caira 4 y 4.1	62
Tabla 18 — Análisis de Optimización de Sistema de Ventilación.....	63
Tabla 19 — Distribución de Flujo de Aire Para Optimizar la ventilación	64
Tabla 20 — Los Parámetros de Ventilación.....	64
Tabla 21 — El Diseño de Circuito de Ventilación en el Nivel Caira 4.....	65
Tabla 22 — Optimización y Eficiencia de Ventilador	66
Tabla 23 — Resultados de Optimización de Caudal	67
Tabla 24 — Datos Para Diseñar la Manga de Ventilación.....	67
Tabla 25 — El Costo de Manga de Ventilación y Diámetro 32”	68
Tabla 26 — Optimización de Ingreso de Flujo de Aire.....	69
Tabla 27 — Comparación de Ingreso de Flujo de aire Antes y Durante.....	70
Tabla 28 — Comparación de Salida de Aire Viciado, Nivel Caira 4 y 4.1.....	71
Tabla 29 — El Análisis de Resultado de Flujo de Aire.....	73
Tabla 30 — El Ingreso de Aire en el nivel 4	87
Tabla 31 — El Ingreso de Aire en el Nivel 4.1	87
Tabla 32 — Salida de aire en el nivel 4 y 4.1	88
Tabla 33 — Datos de las Curvas Características, Presión Total y Potencia.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Ubicación de Proyecto y Campamento de la Mina Huinac	16
Figura 2 — Ubicación de la Mina Huinac y Mapa Satelital del Perú	16
Figura 3 — Ubicación Topografía de la Mina	17
Figura 4 — La Concesión de la Mina Huinac	17
Figura 5 — Forma y Perfil del Conducto	24
Figura 6 — Plano de Edición de Vista	25
Figura 7 — La recirculación de Aire en los Conducto.....	26
Figura 8 — Circuito de Ventilación	27
Figura 9 — Componentes del Ventilación	28
Figura 10 — Curvas Características.....	29
Figura 11 — Manga de Ventilación	30
Figura 12 — Gradiente Geotérmico Terrestre.....	40
Figura 13 — Ventilación Impelente	43
Figura 14 — Ventilación Aspirante	44
Figura 15 — Ventilación Natural	45
Figura 16 — Ventilación Mecánica, Tipo Axiales.....	46
Figura 17 — El Circuito en Serie	47
Figura 18 — Ventilador centrífugos.....	48
Figura 19 — Ventilador axial.....	48
Figura 20 — Velocidad Flujo de aire en la Galería Caira Nv 04	55
Figura 21 — La Medición con Tubo de Pitot Velocidad de Aire	56
Figura 22 — Medición de Temperatura	56
Figura 25 — El Ingreso de Flujo de Aire en el Nivel Caira 4 y 4.1.....	61
Figura 26 — Distribución de Ingreso de Aire en Porcentaje	62
Figura 28 — Distribución Salida de Aire Viciado en el nivel Caira 4 y 4.1.....	63
Figura 29 — El Diseño de Circuito de Ventilación en el Nivel Caira 4 y 4.1	64
Figura 30 — Optimización de Ventilador	65
Figura 31 — Diseño de manga de Ventilación	67
Figura 32 — Diseño de manga de ventilación en el Nivel Caira 4	68
Figura 33 — La Distribución de Flujo de Aire en el Nivel Caira 4 y 4.1	69
Figura 34 — La Distribución de Flujo de Aire en Porcentaje.....	69

Figura 35 — Análisis de Ingreso de Flujo de Aire Antes y Durante	70
Figura 36 — Análisis de Resultado de Flujo de Aire Antes y Durante	71
Figura 37 — Análisis de Resultado de Salida de aire Viciado en el Nivel 4 y 4.1	72
Figura 38 — Salida de Aire Viciado en el Nivel Caira 4 y 4.1 Antes y Durante.....	72
Figura 39 — Fotografía de la Bocamina en el Nivel Caira 4 de la Mina Huinac	86
Figura 40 — El Ingreso de Caudal de Aire en el Nivel Caira 4 hasta 4.1.....	90
Figura 41 — El Flujo de Aire Ingresa al Pique y Salida por la chimenea	90
Figura 42 — La Simulación de Presión Total Relativa.....	90
Figura 43 — La Separación de Flujo de Aire con la Gal Caira y Gal Madrugada	90
Figura 44 — Ventilador de Flujo de Aire Limpio en el Nivel Caira 4 y 4.1	90
Figura 45 — Simulación de Flujo de Aire (Cantidad, Presión, Gases).....	90
Figura 46 — Fotografía del Campamento de la Mina Huinac	90
Figura 47 — La Medición en Campo con Equipos y Materiales	90
Figura 48 — La Galería Caira en el Nivel 4 en el Interior de la Mina.....	90
Figura 49 — El Pique de Extracción de Mineral en el Nivel Caira 4.1	90
Figura 50 — La Ubicación del Motor, para Winche de Izaje.	90
Figura 51 — Preparación de Carga de Explosivo	90
Figura 52 — El Mineral de Plata en su Mayor Contenido	90

INTRODUCCIÓN

Durante cientos de años en el mundo minero una de las primeras preocupaciones es la ventilación en las minas subterráneas, a lo largo del tiempo la ventilación ha ido evolucionando con la ciencia y tecnología, hoy en día podemos aplicar simulaciones como del software ventsim, entre otros para optimizar y mejorar el sistema de ventilación en las generaciones de minas subterráneas, así como nuevas técnicas del diseño de circuito de ventilación para disminuir los gases viciados en los frentes de trabajo de operación; por esta razón se implementa el software ventsim para calcular los costos y diseñar los circuito de ventilación, la ubicación de los ventiladores en superficie e interior de la mina, en el sector minero se clasifican como gran minería, mediana y pequeña minería, a fin de obtener una productividad en las diferentes actividades mineras tanto en lo que respecta en la seguridad de sistema de ventilación en minas subterráneas, existen dos tipos de ventilación y se puede desarrollar mediante la ventilación natural o mecánica para controlar los gases contaminantes que son peligrosos para la salud del personal que labora en este tipo de minería, la ventilación es uno de los factores más importantes en la seguridad del personal y materiales o equipos ¿por qué? reduce los gases tóxicos, polvo, humos, olores, agentes químicos de la misma roca que produce los gases y otros etc.

En la actualidad en la mina Huinac no cuenta con un sistema de ventilación adecuada necesaria en las labores, galerías, piques y chimeneas siendo recomendable la implementación del software ventsim, para el efecto se ha realizado el análisis en la ventilación ósea un proceso de la estructura sistemática para poder alcanzar un determinado objetivo y análisis de la información y los resultados en función del problema que se investiga como la investigación documental, registro de datos en campo, diseño y simulación de la red de ventilación, método de profundidad de la mina, método de medición de cada área, para identificar la calidad de aire y la cantidad de aire y las condiciones del circuito de ventilación con la implementación del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en la mina Huinac.

El presente trabajo de investigación de tesis, describirá la ejecución de cada área, labores, galerías, labores ciegas, y otros donde se va a suministrar aire fresco para el personal que labora también se indicara la ubicación de los ventiladores principales, secundarios y auxiliares, de esta manera se determinará el caudal de aire, calidad de aire, temperatura y presión de aire, lo cual va a llevar el aire fresco y limpio para los trabajadores y desarrollar una ventilación eficiente y eficaz desarrollado en esta investigación.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo implementar del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz -2023; la descripción está centrada en el sistema de ventilación con nuevas técnicas del diseño de circuito de ventilación de la mina subterránea y mejorar el sistema de ventilación para futuras generaciones ya que la distancia es de 2km de profundidad, para el efecto se ha desarrollado la presente investigación, con el ánimo de implementar el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4, determinar el flujo de aire necesario, diseñar el circuito de ventilación y los ventiladores para diseñar la manga de ventilación.

Para analizar las variables dependientes en esta trabajo de investigación se ha considerado la cantidad de flujo de aire en el nivel Caira 4 y 4.1 como también la potencia del ventilador, la velocidad de aire, temperatura, para optimizar el sistema de ventilación son los siguientes resultados el flujo de aire fresco que ingresa 2703.938 m³/min, la cobertura de caudal de aire 96.55% , velocidad de aire 386.277m/min, salida de aire viciado 555 m³/min con una temperatura 12.8 °C, de acuerdo al D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2016-EM, debe ser el caudal de aire fresco de calidad y cantidad, se concluye con sintetizar la investigación realizada y los factores contribuyentes a mejorar el circuito de ventilación.

Conclusión ambas variables realizadas fueron relacionados en el circuito de ventilación aplicando el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación.

Palabras clave: *Diseño, Optimización el sistema de ventilación, Calidad de aire, Los ventiladores, software ventsim.*



ABSTRACT

The objective of this research work is to implement the ventsim software to optimize the ventilation system at the Caira 4 level of the Huinac Huaraz -2023 mine; The description is focused on the ventilation system with new techniques for designing the ventilation circuit of the underground mine and improving the ventilation system for future generations since the distance is 2km deep, for this purpose this research has been developed. , with the aim of implementing the ventsim software to optimize the ventilation system at the Caira 4 level, determine the necessary air flow, design the ventilation circuit and the fans to design the ventilation sleeve.

To analyze the dependent variables in this research work, the amount of air flow at the Caira 4 and 4.1 level has been considered, as well as the fan power, air speed, temperature, to optimize the ventilation system are the following results the flow of fresh air entering $2703.938 \text{ m}^3/\text{min}$, the air flow coverage 96.55%, air speed $386.277 \text{ m}/\text{min}$, stale air outlet $555 \text{ m}^3/\text{min}$ with a temperature 12.8°C , according to D.S. 024-2016-EM and its amendment D.S. 023-2016-EM, it must be the flow of fresh air of quality and quantity, it is concluded by synthesizing the research carried out and the factors contributing to improving the ventilation circuit.

Conclusion Both variables carried out were related in the ventilation circuit by applying the Ventsim software to optimize the ventilation system.

Keywords: *Design, Optimization of the ventilation system, Air quality, Fans, ventsim software.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El sistema de ventilación en la mina Huinac, es una actividad de proporcionar el flujo de aire fresco o limpio posteriormente eliminar el aire viciado tiene problemas de contaminación en el circuito de ventilación, que no cuentan con un sistema adecuado de ventilar en las galerías y labores, porque utilizan los explosivos y estos agentes generan diversos gases y contaminan a las labores y galerías, pues producen gases peligrosos como: monóxido de carbono (CO), gases nitrosos (NO, NO₂), dióxido de carbono (CO₂), anhídrido sulfuroso (SO₂) etc., estos gases producen enfermedades, muertes, daños al personal que labora en el interior de la mina, para controlar la dilución de los gases metano, gases asfixiantes o contaminantes es por ello se implementa el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en la mina Huinac.

Las empresas mineras a nivel internacional están sujetas a cumplir con las normas de ventilación dentro de la industria minera subterránea, para poder extraer los recursos minerales, el sistema de ventilación es controlar la calidad de aire dentro de la industria minera, en la producción operativa también se generan algunos problemas de contaminación como las partículas por ejemplo en la perforación, voladura, equipo diésel entre otros etc., que produce como polvos, gases, agentes químicos, y son producidos por la acción de los trabajos realizados en los frentes de trabajo.

Actualmente en la mina Huinac, se realiza la explota con el método de corte y relleno ascendente, es una mina subterránea, esta mina tiene un sistema de vetas de mineralización polimetálica de origen meso-termal que también tiene acumulaciones mineralógicas que se extraen, estos son sulfuros de plomo, zinc, plata y cobre, para diagnosticar la implementación del software ventsim, y optimizar el sistema de ventilación en la mina Huinac, dado que no cuenta con un sistema de ventilación mecanizada adecuada para prevenir la red de circuito de ventilación.

Para determinar el control de aire fresco y limpio que circula en el interior de la mina, se utiliza multidetector para el control de calidad y cantidad, control de humedad y temperatura, control de gases y polvo la ventilación general en el frente de producción, tajos o galerías en desarrollo y auxiliares para suministrar el aire fresco en toda la labor está debe circular constantemente, tanto



para los trabajadores, equipos y materiales a fin que se encuentren en buenas condiciones en el interior de la mina.

En la actualidad en la mina Huinac, el sistema de ventilación tiene deficiencia de circuito de aire fresco o limpio, pues no abastece el caudal de aire en las labores mineras por lo cual se encuentran paralizadas a falta de un sistema adecuado de ventilación, como ventiladores auxiliares, para las diferentes áreas en desarrollo y explotación.

Se realizara la implementación del software ventsim para una mejor optimización en el sistema de ventilación en la mina Huinac, a fin de abastecer de aire fresco en calidad y cantidad requerida a todos los frentes de trabajo y también cumplir con las normas legales vigentes para suministrar el oxígeno, proporcionar el volumen de aire, diluir y extraer los gases tóxicos y el polvo en suspensión, reducir la temperatura en el interior de la mina por esta razón se realiza la ventilación mecánica debido a la ampliación y profundización en la mina Huinac, ya que la distancia es 2km de profundidad por lo que se requieren un sistema de ventilación mecánica y las mediciones de caudal de aire, distribución de caudales y la velocidad de aire, el caudal de aire; el flujo de aire fresco en el interior de la mina que sea factible.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la implementación del software ventsim influirá en la optimización en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz - 2023?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el diseño de circuito de ventilación que influye en el flujo de aire para optimizar en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023?
- ¿Cuáles son los datos obtenidos de las curvas características para distribuir la potencia de un ventilador, aplicando el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023?
- ¿Cómo influirá el caudal de aire en el diseño de manga de ventilación para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023?



1.2.3 Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación es justificable debido a que la operación minera, tiene dificultades en el sistema de ventilación, surge la necesidad de mejorar el sistema de ventilación, se determina con el propósito de identificar los gases viciados, la cantidad de aire fresco que va a ingresar al interior de la mina que no cuenta con un sistema de ventilación mecánico adecuada para mayor circulación de aire fresco en los frentes de trabajo en tajos o galerías, chimeneas que debe llegar a todos los sectores donde se trabaja, el requerimiento de circuito de aire fresco es necesario debido a la ampliación y profundización de la mina, en donde la distancia es 02 km de profundidad, desde la bocamina hasta el frente de la labor, se requiere la cantidad de aire fresco y limpio en todo los frentes de trabajo, para los materiales, personales, equipos (perforadoras, locomotora eléctricos), por lo cual se desea garantizar implementado un sistema de ventilación mecanizada para eso se requiere diseñar el circuito de ventilación y simular con el software ventsim la cantidad de caudal o el flujo óptimo de aire fresco que va circular en todo el frente de trabajo en las galerías, piques, chimeneas, labores en el interior de la mina para determinar el costo de ventilación mecánica, para una mejor optimización en el sistema de ventilación en la mina Huinac.

Este estudio de investigación procederá a desarrollarse bajo las normas D.S. 24-216-EM modificado por el decreto D.S. N° 023-217-EM, que rige a nivel del territorio peruano, el titular de la actividad minera de las empresas contratistas mineras a fin de coadyuvar al cumplimiento de las obligaciones de las normas vigentes tiene que regirse a la norma las empresas mineras.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Implementar el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.

2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el diseño del circuito de ventilación que influye en el flujo de aire para optimizar en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.
- Evaluar los datos obtenidos de las curvas características para distribuir la potencia de un ventilador aplicando el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac – 2023.
- Determinar el caudal de aire en el diseño de manga de ventilación para optimizar en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

Con la implementación del software ventsim se optimizará el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.

2.2.4 Hipótesis específicas

- Con el diseño de circuito de ventilación se logró optimizar el flujo de aire en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.
- Con los datos obtenidos de las curvas características se determinó la potencia de un ventilador aplicando el software ventsim para optimizar en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.
- Con el caudal de aire se diseñó la manga de ventilación será óptimo para el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 en la mina Huinac Huaraz – 2023.



2.3 Operacionalización de variables

La definición operacional de la variable en la siguiente tabla se muestra las variables (independientes y dependientes), con sus correspondientes indicadores y dimensiones.

Tabla 1 — Operacionales de Variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente: Implementación del software ventsim	Diseño Circuito de ventilación	Modelamiento en 3D	Versión 5.4
	Curvas características	- Caudal - Presión - Potencia	- m³/min, cfm - Psi - Kw, HP
	Manga de ventilación	Tiempo de ventilación	segundo
Dependiente: Optimización del sistema de ventilación	Flujo de aire en la mina	- Flujo de aire total - Velocidad de aire - Temperatura	- m³/min, cfm - m/min - T°C
	Potencia de ventilador Medición	- La velocidad de rotación - Potencia	(RPM) - HP
	Caudal de aire Medición	- Velocidad de aire - Caudal	- m/min - m³/min,

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

a) A Nivel Internacional

- Ramirez & Fuentes (1), menciona en su tesis: “Modelamiento del sistema de ventilación y control de Metano con el simulador "ventsim" en la mina subterránea de carbón fezmine, Polonia” para la obtención el título de ingeniero civil de minas en la Universidad de Concepción de Polonia, en donde tuvo como **objetivo** es diseñar un sistema de ventilación adecuado para la mina subterránea de carbón FezMine, en cuanto a la **metodología** el autor utilizó cuantitativo no experimental, Los **resultados** obtenidos en Ventsim muestran el - 10 de 182 - comportamiento de las emisiones de metano a través de todas las galerías de la mina, y permiten distinguir los paneles de explotación en los que el metano se pudo diluir por la acción del flujo de aire de la ventilación.
- Núñez & Valarezo (2), menciona en su tesis “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” para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad del Azuay de Ecuador, en el siguiente trabajo de investigación, se determinó un adecuado sistema de ventilación, según las necesidades de la concesión minera Cebal además de un eficiente sistema de desagüe para la concesión minera R-Nivel, ubicadas en el distrito minero Zaruma – Portovelo, en el sistema de ventilación, se identificaron diferentes parámetros técnicos y necesidades de personal, para ello, se estudiaron las longitudes reales, caudal requerido y análisis de pérdidas, a través de cálculos matemáticos y una evaluación económica que resultaron esenciales para un correcto diseño de ventilación, mediante el uso de un nuevo sistema que utiliza una turbina para dar mayor energía al ventilador principal.
- Rivera Abello (3), menciona en su tesis: “Análisis del Circuito de Ventilación Mediante Simulación con Ventsim de una Mina Subterránea de Carbón Artesanal en la Provincia de Arauco, Región del Biobío”, para la obtención el título de ingeniero de minas de la Universidad de Concepción de Chile, en donde tuvo como Objetivo que el trabajo de investigación es analizar el sistema de ventilación de un caso de estudio real de minería artesanal de carbón la Provincia de Arauco y evaluar la posibilidad de implementar herramientas de simulación a nivel operacional, el resultado es determinación de modelo de



simulación permite concluir que el sistema de ventilación cumple con los caudales totales de inyección requeridos según la legislación vigente, tanto para las condiciones actuales de la mina como para la condición futura, con un superávit del 20% sobre el caudal total requerido.

- Leiva Bustamante (4), menciona en su tesis: “Sistema de Ventilación Para una Mina Caving Mediante Inteligencia Artificial” para la obtención Ingeniero el Título de Civil de Minas en la Universidad de Talca de España, en donde tuvo como objetivo desarrollar modelos de predicción que permitan controlar el sistema de ventilación de una mina de Caving, mediante inteligencia artificial, A medida que los yacimientos mineros se van agotando, las minas a cielo abierto se ven la necesidad de cambiar sus métodos de explotación, de cielo abierto a subterráneo, mientras que las minas subterráneas se ven la obligación de planificar sus explotaciones a mayores profundidades en búsqueda de mineral, lo que provoca que los requerimientos y costos en ventilación incrementen. Asimismo, generar las condiciones ambientales idóneas para garantizar la seguridad de los trabajadores y un correcto funcionamiento de los equipos, además, de evitar las enfermedades respiratorias provocada por los contaminantes presentes en el aire. Los resultados obtenidos por los modelos demuestran que un sistema de ventilación puede ser controlado mediante inteligencia artificial y se recomienda la evaluación de todos los puntos del sistema de ventilación, además de crear modelos con un mayor número de variables para ratificar el desempeño de los modelos.
- Castillo Aranguren (5), menciona en su tesis: “Evaluación del Sistema de Ventilación de la Mina el Roble” para la obtención el título de ingeniero de minas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en donde tuvo como objetivo del presente trabajo de investigación de realizar la evaluación de las condiciones actuales de la ventilación en la mina el Roble. Se realiza una contextualización del proyecto minero el Roble en Carmen de Atrato – Chocó de la empresa Atico Mining, resultado una "reserva" de aproximadamente 1,2 millones de toneladas con un promedio de 4,83% de cobre.
- Herrera Herbert (6), menciona en su tesis “Introducción a la ventilación minera” para la obtención el doctorado en ventilación de la Universidad Politécnica de Madrid, en donde tuvo como objetivo el presente trabajo de investigación tanto la eliminación de gases tóxicos como la retención de las partículas sólidas de las que se ha venido hablando. Hasta hace pocos años, el resultado el control de la atmósfera en una mina subterránea es el aspecto más importante de la operación.
- Villalba Pinto (7), menciona en su tesis: “Diseño del Circuito De Ventilación de la Mina Bonanza, Operada por la Empresa Exportadora Aurífera S.A, Expuso, Ubicada en el Distrito Minero Ponce Enríquez” para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Central del Ecuador, en donde tuvo como objetivo general del presente trabajo de



investigación es diseñar el circuito de ventilación de la Mina Bonanza, operada por la Empresa Exportadora Aurífera S.A., EXPAUSA, ubicada en el Distrito Minero Ponce Enríquez, el resultado del presente proyecto integrador tiene como objetivo principal el diseñar el Circuito de Ventilación de la Mina Bonanza, operado por la Empresa Exportadora Aurífera S.A., ubicada en el Distrito Minero Ponce Enríquez. La empresa cuenta con dos accesos al yacimiento Bonanza y El Futuro, estas se encuentran a 710 y 580 msnm, respectivamente. Bonanza tiene más de 10 km de labores mineras, más ninguna llega a superficie, generando un sistema de ventilación incompleto, puesto que, actualmente mediante la interconexión, con minas adyacentes, desfondes, se suple parcialmente el requerimiento de aire. La ventilación inadecuada da como resultado un rendimiento bajo de los trabajadores, provoca una disminución de la producción de la mina y genera un aumento en la accidentabilidad.

b) A nivel Nacional

- Vera Warthon (8), menciona en su tesis: “Implementación y simulación del sistema de ventilación con el software ventsim visual en la Mina San Valentín S.A. – Curahuasi – Apurímac – 2019” para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, en donde tuvo como objetivo del trabajo de investigación e optimizar el sistema de ventilación mediante la evaluación de la cobertura de aire en las labores mineras con el software Ventsim Visual, para implementar el Sistema de Ventilación de acuerdo a los requerimientos de aire, primeramente, se ha realizado levantamiento y monitoreo del sistema de ventilación natural para ver la cobertura de flujo, dentro la investigación.

En cuanto a la metodología el autor utilizó el método cuantitativo, en la investigación, por su nivel y las características de estudio el tipo de investigación es descriptiva correlacional, ya que se realizará una investigación demostrando los resultados del estudio que permitirá el análisis e implementación del sistema de ventilación en la mina San Valentín S.A. Curahuasi - Apurímac.

- Raico Tasilla (9), menciona en su tesis “Evaluación y optimización del sistema de ventilación del túnel de exploración Chaquicocha nivel 3750 - minera Yanacocha, 2018”, para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Nacional de Cajamarca. la investigación se ha desarrollado en el Túnel de Exploración Chaquicocha Nivel 3750, perteneciente a la compañía Minera Yanacocha, ubicada en la provincia y departamento de Cajamarca.

El sistema de ventilación utilizado para la ejecución del proyecto ha evidenciado ciertas deficiencias a medida que aumenta el desarrollo de la excavación subterránea, en cuanto a



caudal de aire y a las condiciones atmosféricas laborales de los trabajadores. El objetivo principal es evaluar dicho sistema y realizar una optimización.

De la evaluación inicial se obtuvo una cobertura de caudal de aire de 90%, por tal motivo y de acuerdo a los requerimientos de incorporar mayor cantidad de equipos con motor petrolero, se realizó una optimización que consiste en la implementación de un sistema de ventilación del tipo aspirante con apoyo impelente, mediante la utilización de 01 ventilador principal aspirante y 03 ventiladores auxiliares impelentes, obteniendo una cobertura de caudal de aire de 129%; además para verificar el funcionamiento de acuerdo al diseño de optimización realizado en el software Ventsim, se compararon los valores de caudal de aire medidos en campo con respecto a los datos obtenidos del software Ventsim, teniendo como resultado una variación de caudal de aire en rangos de 2.0% a 5.2 %.

- Viza Torres (10), menciona en su tesis “Diseño y Simulación de Red de Ventilación con el Software ventsim Visual en la Unidad Minera San Rafael Minsur S.A.” para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Nacional de Altiplano-Puno, en donde tuvo como objetivo el presente trabajo de investigación diseño y simulación de red de ventilación con el software Ventsim visual en la unidad minera San Rafael –Minsur S.A.; se encuentra en constante profundización de sus labores en un promedio de 900 m. , es muy complejo la red de ventilación por ello el objetivo es desarrollar el diseño y simulación red de ventilación efectiva con el software Ventsim visual cumpliendo la cobertura de aire con los equipos ventiladores en el proceso productivo de mina haciendo el uso del Software Ventsim Visual en la unidad minera San Rafael de la empresa minera Minsur S.A. el resultado Una vez ingresado los 54 ventiladores se ha llegado a determinar una deficiencia como ya en el diagnostico se había determinado. La simulación nos da un resultado de 584,2 m³/s equivalente a 1 237 849 cfm.
- Vargas Lloclla (11), menciona en su tesis “Propuesta técnica económica de mejora para el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea - Cobriza 2020” para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Continental, en donde tuvo como objetivo el presente trabajo de investigación de qué manera una propuesta técnica económica podrá mejorar el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea en Cobriza, el resultado es el requerimiento es de 1,169,850.02 cfm con una diferencia de cobertura de antes 93% y después del diseño 100.78%. De la misma manera con una diferencia de 2% de balance de aire entre el ingreso y salida de aire viciado.
- Portilla & Velarde (12), menciona en su tesis “Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica - 2015” para la obtención el título de ingeniero de minas en la Pontificia Universidad Católica del Perú, el



siguiente estudio propone la optimización del sistema de ventilación principal de una minera polimetálica ubicada a 4500 msnm, la cual no cuenta con un modelo computacional actualizado que le permita llevar el control operativo de los flujos de aire circulantes dentro de su red subterránea. La metodología a desarrollar incluye la recolección de data específica (mediciones en campo de las condiciones termo ambiental del flujo de aire en mina), diagnóstico de condiciones actuales y propuestas de optimización. La simulación computacional fue realizada utilizando el software de ventilación Ventsim Visual 4. En la optimización, se evalúan dos alternativas de mejora; primero mediante la construcción de dos ductos “raise borer” principales de gran diámetro y longitud que aseguren la demanda de aire en la profundización de la veta principal, que es, a largo plazo, el futuro de la mina; segundo mediante la eficiencia en el uso de energía de los ventiladores principales mediante la optimización de la demanda de aire de acuerdo al requerimiento total de mina considerando la alternativa de uso de variadores de frecuencia de voltaje en los ventiladores principales de extracción, que tienen una capacidad de extracción de 300 000 cfm.

- Diaz Flores (13), menciona en su tesis “Optimización del sistema de ventilación como un método de control de la calidad del aire en La Mina San Rafael, de la Región Puno” para la obtención el título de ingeniero de minas en Universidad Nacional de San Agustín, (Perú), objetivo mejorar la calidad de aire en base a la optimización sistema de ventilación, con el uso de software especializado; todo ello para el cumplimiento del DS 024 -2016-EM y su modificatoria DS 023 -2017 – EM y por otra parte cumplir con los estándares establecidos por el D.S. 074-2001 PCM – Reglamento de Estándares Nacionales de calidad de aire. Como herramienta de Optimización de Sistema de Ventilación se usó el software VUMA, de origen Sudafricano, que se caracteriza ser un programa específico para minas subterráneas profundas y donde los parámetros de velocidad y temperatura son determinantes; el primero para diluir o evacuar los gases contaminantes del aire (CO, CO₂, NO₂, O₂) y el segundo para controlar la temperatura y a la postre brindar mejor calidad de aire en los frentes de trabajo y lograr confort para los colaboradores, mayor productividad de los equipos y garantizar la operación continua de procesos. Se ha realizado varias simulaciones con el VUMA previa configuración de red de ventilación.
- Huamaní Bendezú (14), menciona en su tesis “Mejoramiento del sistema de ventilación subterránea de la Mina Condor IV, Minera El Palacio del Cóndor S.A.C.” para la obtención el título de ingeniero de minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú, En el presente trabajo de investigación hizo un estudio de ventilación para la mejora del sistema de ventilación de la mina Condor IV, todo ello con el objetivo de determinar el mejor diseño y método de ventilación eficientes, para conseguir dicho fin se realizó una evaluación minuciosa



del sistema actual mediante la toma de muestras de los respectivos agentes contaminantes a lo largo de toda la mina, utilizando diferentes equipos de medición que cuantifican el caudal del aire, temperatura, gases y cantidad de polvo de la mina; para posteriormente determinar las falencias y obstáculos en el circuito. La información recopilada se modeló luego con el software Ventsim 5.4 para sugerir soluciones alternativas. El diseño de ventilación realizado incluyó el cálculo del requerimiento total de aire y la resistencia equivalente de las galerías, mediante lo que se pudo determinar la cobertura actual y encontrar una solución efectiva por medio de la simulación de escenarios en el software y en campo efectuando bifurcaciones con reducción de mangas de 20" a 10" en forma de "T" hacia las chimeneas para aumentar el flujo de ingreso de aire con tercera línea a los subniveles y tajos de producción.

c) A nivel Local

- Liñán Ramirez (15), menciona en su tesis "Flujo de Aire para Mejorar la Ventilación en las Labores Mineras Subterráneas en Minera Huinac S.A.C. - Año 2021" para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" de Huaraz, en la minería nacional se puede evidenciar grandes progresos técnicos en el área de ventilación, sistemas eficientes y amigables con el medio ambiente, sin embargo, existe una gran diferencia entre la gran y pequeña minería, no solo en los volúmenes de mineral que explotan., sino que también en otros aspectos como en la ventilación, mientras los primeros poseen todos los sistemas modernos y eficientes, en cambio la pequeña minería está estancada, por una menor cantidad de recursos que impiden el desarrollo y una falta en el conocimiento técnico, formando muchas veces problemas de ventilación, lo cual puede traer consecuencias en los trabajadores exponiéndolos a accidentes y/o enfermedades laborales y a su vez reduciendo la vida útil de los equipos.

En esta investigación de tesis se busca una solución a los problemas de ventilación, de esta forma proponer un sistema de ventilación apto para las condiciones de la minera subterránea Huinac.

- Guillén Huayta (16), menciona en su tesis: "Diseño e instalación de ventilación para los laboratorios de cobre y zinc para la compañía minera Antamina en Huarney -Ancash" para la obtención el título de ingeniero de minas en la Universidad Nacional del Callao, en donde tuvo como objetivo del presente trabajo de investigación Uno de los problemas relevantes en el país es la contaminación del medio ambiente laboral por este motivo se hace necesario tratar este proyecto según la normativa nacional y a la solicitud del cliente a quien se le brinda el servicio.



3.1.1 Ubicación

La operación minera Huinac se encuentra en la cordillera negra está ubicada en el Distrito de la Merced, Provincia de Aija, Departamento de Ancash, a unos 24 kilómetros al suroeste de la ciudad de Huaraz, en donde están las labores de trabajo, así como los campamentos y oficinas, se encuentran entre los 3,800 y 4,300 m.s.n.m.

Ubicación de Coordenadas geográficas:

Latitud Norte: 77°40'50"

Longitud Sur: 09°42'05"

Coordenadas (DATUM UTM PSAD 56 y DATUM UTM WGS 84):

Tabla 2 — Coordenadas de la Concesión de la Mina Huinac

VÉRTICES	DATUM UTM PSAD 56		DATUM UTM WGS 84	
	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
1	8,928,000.00	208,000.00	8,926,583.33	206,360.86
2	8,926,000.00	208,000.00	8,925,633.71	207,773.96
3	8,926,000.00	206,000.00	8,925,633.71	205,773.97
4	8,927,000.00	206,000.00	8,926,633.72	205,773.96

3.1.2 Acceso para llegar a la mina Huinac

El acceso es por la carretera asfaltada Huaraz-Casma hasta la zona denominada punta Callán, para posteriormente tomar un camino de trocha hacia las instalaciones de la mina.

Tabla 3 — Acceso para Llegar a la Mina Huinac

Ruta	Distancia (Km)	Medio de transporte	Tiempo de viaje de (horas)	Tipo de vía
Abancay - Lima	906.70	Bus - camioneta	22:00:00	Asfaltado
Lima – Pativilca	205	Bus - camioneta	04:00:00	Asfaltado
Pativilca – Huaraz	186	Bus - camioneta	03:00:00	Asfaltado
Huaraz – Punta Callan	30	Camioneta - Bus	02:00:00	Asfaltado
Punta Callan - Mina	24	Camioneta	01:30:00	Trocha carrozable
Ticapampa - Huaraz	20	Camioneta - Bus	01:00:00	Asfaltado
TOTAL	465			



3.1.3 Ubicación satelital con Google Earth geográficas

Geográficamente se localiza dentro de las coordenadas UTM Datum WGS84 y también en las coordenadas UTM PSAD 56.

- Coordenada = UTM
- Zona = 18
- Franja = L
- Sur = Occidental del Perú

Se muestra en la siguiente imagen.



Figura 2 — Ubicación de la Mina Huinac y Mapa Satelital del Perú

Extraído de Imagen Satelital del Google Earth (Mapa del Perú y coordenadas)



Figura 1 — Ubicación de Proyecto y Campamento de la Mina Huinac

Extraído de Imagen Fotografía con Cámara Digital, la Ubicación del Campamento

3.1.4 Topografía de la mina Huinac

La topografía de la mina Huinac, está ubicado geográficamente y controlada por la cuenca sedimentaria plegada debido a las magmáticas, la característica del área del proyecto se encuentra en la superficie de la cuadrícula 8 de 100 has y la extensión es 800 hectáreas se encuentra en la zona 18L, que está compuesto por algunos valles, montañas, cerros, laderas, zonas inaccesibles por la existencia de la cordillera blanca y cordillera negra, es agreste entre los niveles 3,800 a 4,500 m.s.n.m.

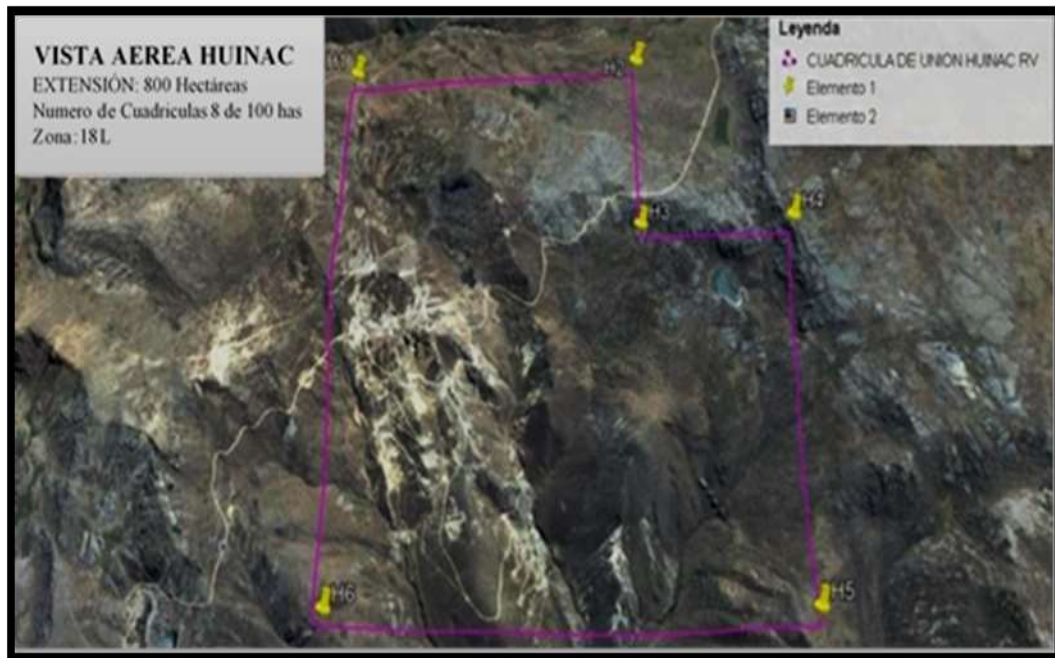


Figura 3 — Ubicación Topografía de la Mina

Extraído de Imagen Satelital del Google Earth, Topografía de la Mina Huinac, (2023).

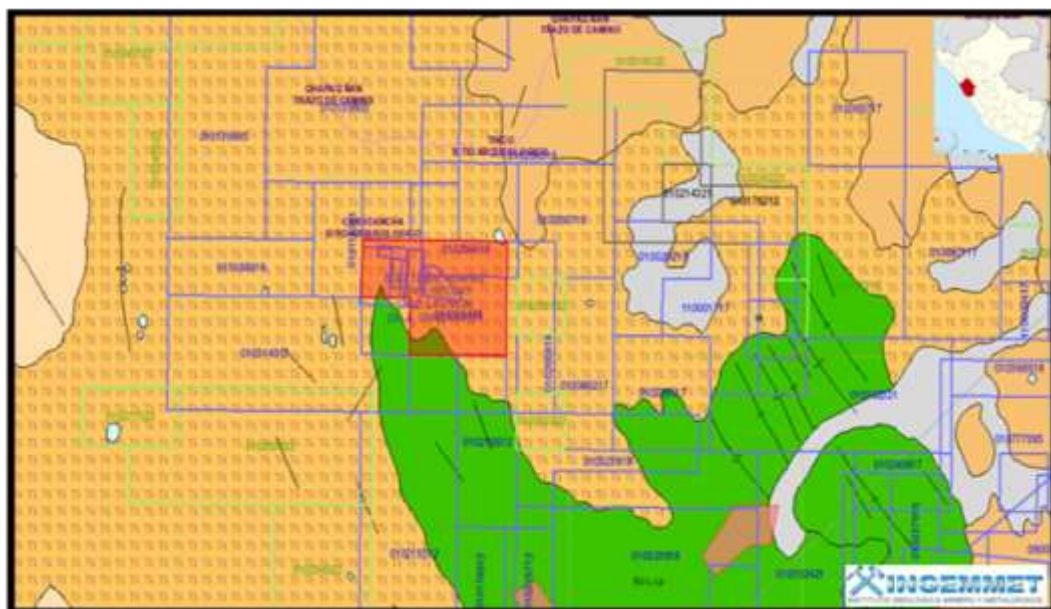


Figura 4 — La Concesión de la Mina Huinac

Extraído de INGEMMET (<https://www.gob.pe.ingemmet>)

3.1.5 Fisiografía

La fisiografía de la mina Huinac, es de origen y características de la formación de relieve, encontrándose en la cordillera occidental una de las tres cadenas montañosas en los andes del Perú, la cordillera negra tiene picos rocosos con muy pocas nevadas en ella se plasma pendientes, rocosas, barrancos, en los flancos de los cerros y laderas de relieve, es por la consecuencia de formación de brechas tectónicas y pliegues y la formación chimú, formación Carhuaz y formación santa y la combinación y efectos erosivos su cobertura presenta laderas; que hay lugares en donde la vegetación están formada por la acumulación de materiales de origen y aluviales, en donde la zona de mineralización es polimetálicas.

Debido a la intrusión del batolito y al emplazamiento de cuerpos subvolcánicos, las calizas han sufrido una fuerte recrystalización y reemplazamiento por metasomatismo vinculados al metamorfismo de contacto, dando lugar a hornfels calcosilicatados; estos son de grano grueso y de color blanco a verde claro en muestra de mano, tienen un bandeamiento discontinuo debido a cuerpos lenticulares de granate pardo rojizo, determina el concepto de fisiografía en la teoría de (17).

3.1.6 Geología regional

La mina Huinac, se determina que está emplazada regionalmente y características de la formación Carhuaz y la formación santa en donde la zona aflora lutita, caliza, cuarcita y la formación chimú es de discordancia angular y zonas volcánicas y que también la formación Calipuy superior, son capas gruesas y aglomeradas, formación Calipuy inferior consiste en rocas piroclásticos gris verdoso y estratificada, es de origen magmatogénéticos, meso-termal y epitermal y deposito cuaternario, en donde menciona el estudio geológico de la empresa minera.

De acuerdo a los cuadrángulos del mapa geológico elaborado por el INGEMMET, la provincia de Aija se caracteriza por unidades lito-estratigráficas y rocas intrusivas.

Las secuencias geológicas cubren edades desde el cenozoico – cuaternario hasta el paleógeno, por lo que geológicamente, el distrito de la merced dentro de la provincia de Aija, se caracteriza dentro del cuaternario por depósitos aluviales, glaciofluviales y morrénicos y el grupo Calipuy; del mismo modo en el cretácico inferior, la formación junco, la formación cochapunta, y el grupo Goyllarisquiza (formación Santa, Carhuaz y formación Chimú).



3.1.6.1 Formación Carhuaz

La formación Carhuaz, así como las otras unidades que conforman el grupo Goyllarisquizga se encuentran en las llamadas cuencas Chavín, Santa y parte de la cuenca Huarmey, descritas por (18).

Debido a la similitud litológica en parte con la formación Santa se le ha cartografiado conjuntamente en el sector occidental. Sus afloramientos más notorios se encuentran al este de la cordillera blanca donde ocurren formando el núcleo de sinclinales kilométricos.

La morfología que caracteriza a la formación Carhuaz es más suave en relación con las unidades adyacentes de la formación y hace concordantemente sobre la formación Santa y es seguida en igual relación por la formación Farrat hacia las áreas vecinas ubicadas al Norte y Noroeste del cuadrángulo de Huaraz. Consiste principalmente de limo arcillitas, aunque pueden estar presentes capas de arenisca cuarcífera en la parte central de la unidad.

El limo arcillitas son principalmente de color gris a gris – verde y pueden encontrarse, además, delgadas capas de yeso en la parte inferior de la formación. En algunos lugares como en Conococha, se observan areniscas ferruginosas algo friable de grano fino en capas de 10 metros de grosor, separado por limolitas, areniscas limolíticas lajosas y limoarcillitas con meteorización suave.

3.1.6.2 Formación Santa

La formación Santa hace concordantemente sobre la formación Chimú y se encuentra en todos los lugares donde se ha cartografiado esta última.

En el sector occidental se le ha registrado conjuntamente con la formación Carhuaz (Huaraz y Chiquian), debido a que tiene un grosor discreto. Consiste de calizas de color azul grisáceo con meteorización característica de corteza azulina. Sus estratos tienen grosores de 10 centímetros a un metro; puede presentar concreciones de chert de color gris oscuro a blanco. No es una unidad fosilífera, pero contiene fragmentos de conchas.

3.1.6.3 Grupo Calipuy

El grupo Calipuy se encuentra distribuido a lo largo de la Cordillera Negra conformando la parte más elevada. Se dispone como una franja de rumbo NO – SE que tiene una anchura variable entre 25 a 40 Km. Muestra discontinuidad de afloramiento a lo largo del rumbo andino, debido a la profundidad de los valles transversales correspondientes a los principales ríos como el Pativilca, Fortaleza, Aija, Pira. Su límite oriental en gran parte, lo constituye el río Santa, sin embargo,



existen afloramientos en el extremo sur de la cordillera Blanca (nevados Cajat, Lariaraju, Jeulla Raju, etc.) y en la cordillera Huayhuash (nevado Auxilio, Huacshas, Jirishanca Chico, etc.).

El grupo Calipuy consiste de por lo menos 2,000 metros y en algunos lugares más de 3,000 metros de estratos volcánicos variados. Estos son principalmente de rocas piroclásticas gruesas de composición andesíticas.

3.1.7 Geología local

Generalmente está constituida por la formación chimú y formación Carhuaz y los volcánicos Calipuy y que se presentan diversos tipos de rocas; rocas ígneas intrusivas, rocas ígneas volcánicos y rocas sedimentarias, se caracteriza por un sistema de vetas de mineralización polimetálicas está constituido por mineralógicas de interés económica que se extrae son sulfuro de Plomo, Zinc, Plata, y Cobre, los minerales de mena están compuestas por esfalerita, calcopirita, galena, tetraedrita, (argentita – acantita), la minerales de ganga cuarzo, pirita, calcita, rodocrosita, rejalgar, que son depósitos cuaternarios de origen epigenético, en donde menciona estudios realizado de la empresa minera Huinac.

3.1.7.1 Rocas sedimentarias

Son aquellas rocas que están formados por acumulación de sedimentos de partículas de diversos tamaños, se transporta por aguas y vientos, sometidos a un proceso de físico y químico a materiales consolidación.

a) Caliza Bitumisosas

Se encuentran al sur del diseminado y al NW de la bocamina del nivel 3, pertenecen a la formación Santa y se encuentran infrayacente a la formación Carhuaz, presentan un color negro oscuro por la presencia de bitumen y pirita diseminada por la alteración regional existente.

b) Lutitas Bitumisosas

Se encuentran en el presente al sur del diseminado y en gran cantidad en las cortadas del nivel 3 y nivel 4, con colores gris y marrón, con esporádicas intercalaciones de calizas. Pertenecen a la formación Carhuaz y se encuentran formando un anticlinal erosionado, el cuyo eje tiene rumbo NW-SE y pasa por el medio del diseminado.

Se encuentran metamorfizadas en zonas, con pirita diseminada consecuencia de la alteración regional, además de estar fuertemente fracturadas a causa del tectonismo.

3.1.7.2 Roca metamorfismo

a) Pizarras Blanquecinas

El contacto de las lutitas pertenecientes a la formación Carhuaz, con los



intrusivos presentes en el área de estudio, ha generado una pizarra metamórfica blanquecina, con abundante pirita diseminada y venilleo entrecruzado de pirita, sulfuros básicos y carbonatos, es la roca caja de muchas de las vetas presentes en el yacimiento minero Huinac, siendo mayor su metamorfismo.

3.1.7.3 Rocas intrusivas

a) Andesita Porfiríticas Subvolcánicos

Las rocas intrusivas son principalmente andesitas Porfiríticas y subvolcánicos, las cuales están instruyendo irregularmente las lutitas de la Formación Carhuaz.

Estas se encuentran Inter digitadas y en forma irregular con numerosos pequeños stocks, sills y placolitos, usualmente alterado con contenido de sulfuros diseminados., presentando una sericitización y propilitización frecuente en las mismas. Cuando las vetas presentes en esta región, tienen estas rocas intrusivas como caja, mejora su potencial, así mismo su contenido de mineral.

3.1.7.4 Rocas volcánicas

a) Andesitas porfiríticas

Las andesitas Porfiríticas y microporfiríticas pertenecientes a la formación Calipuy, se encuentran presentes en el yacimiento minero Huinac, sobre yaciendo a las Lutitas de la formación Carhuaz.

En la zona de Huinac estos volcánicos están cubriendo las partes altas y se encuentran pseudoestratificados, sobre yaciendo en discordancia angular con los sedimentos del cretáceo, consiste en derrames de andesitas y dacitas.

Su coloración es entre verdosa y violácea, siendo su seudo estratificación concordante con los flancos del anticlinal que atraviesa el área.

b) Aglomerados

Hacia el este del yacimiento minero, se encuentran aflorando aglomerados volcánicos, tanto de cuarzo con arenisca y carbonatos, así como un aglomerado formado por fragmentos angulosos de andesita.

c) Tobas Brechadas

Tobas principalmente andesíticas, brechadas, de matriz arcillosa, presenta clastos de lutitas negras y pizarras blanquecinas, pirita diseminada y en algunas zonas se observan galena y esfalerita, es en esta zona donde se encuentra la mineralización económica.

3.1.8 Clima

El área de estudio tiene un clima de friaje, la temperatura varía de acuerdo de la intensidad del calor y la velocidad del viento que se presenta generalmente y varia de 2°C a 10°C, y pocas



veces baja a 1°C y sube a 8°C, por las heladas y lluvias intensas, y la temperatura del aire 9°C así como la humedad de aire 56% la velocidad del viento 2 m/s, la mina está ubicada a 3,800 y 4,300 m.s.n.m.

Clima durante el periodo de tiempo cambia estacionalidades con el respecto a los valores climáticos de acuerdo al grado de la temperatura y presión en el lugar de atmósfera y el grado de magnitud en función del tiempo según el estudio realizado (19).

3.1.9 La temperatura

La temperatura en operación de la mina Huinac, se registran desde 13 °C a 19 ° C, según el estudio que se realiza en la empresa minera Huinac, (Vizcarra, 2022).

La temperatura en el interior existen de acuerdo de la profundidad de la mina, cuando más profundo el calor es mayor y sofocante por la existencia de deferentes tipos de minerales como por ejemplo tenemos como pirita entre otros, cuando existe gran cantidad de pirita se eleva la temperatura y produce anhídrido sulfuroso, y puede producir incendio con el contacto de equipos eléctrico, el tiempos de la permanencia de los trabajadores en los fretes de trabajo la temperatura debe ser de acuerdo al reglamento de seguridad y salud ocupacional.

3.1.10 Flora y fauna

La flora se encuentra la vegetación y diferentes variedades de plantas y árboles existen 180 variedades de especie de plantas con predominancia de pajonales, Puya Raimondi y ichus entre otros.

Fauna es el conjunto de especie y animales que habitan en el área de la mina Huinac, como silvestre en donde se aprecia en su mayor conjunto las variedades de especie zoológicos silvestres, especies domésticos y animales que habitan en el lugar y se menciona las siguientes: el puma, venado, el zorro, zorrinos, etc. Según el estudio realizado de la empresa minera.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Software ventsim (V - Independiente)

Según J. Herrera (2006), menciona en su trabaja de investigación, “El proceso de la implementación del software de un proyecto de investigación en a nivel mundial es una herramienta muy útil para diseñar, analizar, configuración de sistemas, red de sistema de ventilación” de la Universidad de Alacant – Institut de Ciécies de Educación – Europa.

La implementación es la ejecución de una estrategia para diseñar, simular, modelar de un proceso del sistema de ventilación en las minas subterráneas, para planificación, organización, control del



sistema de ventilación, en donde se realiza la extracción del mineral en el frente de trabajo en el desarrollo de producción en operación de la mina.

Según B. Rick (20), según el estudio realizado sobre software ventsim es un paquete de sistema de ventilación en las minas subterráneas, que contiene diferentes tipos de componentes como base de datos de ventiladores y red de sistema de ventilación, configuraciones de archivo, configuración de nuevos parámetros de ventilación, se puede vincular con cualquier software por lo cual se realiza la simulación y diseño de red de ventilación, funciones financieras y analizar el costo de ventilación para la simulación de termodinámica de calor y las humedades en donde cuantifica, visualiza las variables como por ejemplo la dirección, la cantidad, la densidad, el software ventsim va a determinar el diseño circuito de ventilación que influye el flujo de aire, presión de aire, calor y los gases viciados, mediante el sistema se monitorea en donde va automatizar de manera remota el caudal de aire para proporcionar una calidad de aire fresco en toda el frente de trabajo en operación de la mina.

Según J. Maguiña (21), menciona en su trabajo de Investigación como “diagnostico, calculo, medición, calibración y simulación en 3D” 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.-2017.

3.2.1.1 Las funciones del software ventsim

Las funciones del software ventsim es el acceso principal de un conjunto de funciones de simulación disponible, son las siguientes funciones que se establece como por ejemplo (Funciones disponibles para la versión standard, funciones avanzadas de ventsim Design, funciones de ventsim Desig premium / ventfire) permite realizar los caudales y los contaminantes dinámicos.

a) Funciones disponibles para la versión Standard

- Caudales
- Contaminantes de estado constante

b) Funciones avanzadas de ventsim Design

- Termodinámica
- Particulado diésel
- Contaminantes dinámicos calor, gas, MPD
- Recirculación
- Financiera

c) Funciones de ventsim Desig premium / Vent Fire

- Simulación de incendios de ventfire



- Simulaciones dinámicas multi tipo

3.2.1.2 Tamaño de conducto y sus dimensiones

Para realizar el conducto se establece física y forma del conducto de aire fresco, permite especificar un tipo de conductos predefinidos de manera automática el perfil del conducto como por ejemplo (dimensiones, factores de fricción y los valores predefinidos); las características son aquellas como tamaño y forma de conducto, que son (cuadra, redondo, arqueado, techado, irregular), se muestra en la siguiente imagen.

TAMAÑO DE CONDUCTO Y DIMENSIONES		
Formas	La forma que se selecciona puede ser “irregular”, ancho y altura, cambiar a perímetro, de área.	
Arqueado	Es un conducto con esquinas superiores arqueadas	
Redonda	Es un conducto en formas conferencia	
Cuadrado	Es un conducto con 4 esquinas	
Techado	Es un conducto con un lado más elevado que el otro	
Ovalada	Es un conducto en forma arqueado o ovalada	

Figura 5 — Forma y Perfil del Conducto

3.2.1.3 Actualización de mejoras del software ventsim

Es una actualización importante en modelamiento y simulación con las nuevas y mejoras en la versión 5.4.

- Simulación Dinámica Opción de Repetición.
- Calor de las Cintas Transportadoras y Vías de Agua.
- Volante Térmico Anual Mejorado.
- Simulación de Corriente de Aire por excavación.
- Nombres de Gases Personalizable.
- Interfaz de resultados mejorada, con opciones de gráficos y planillas.
- Mejoras en el Editor de Rutas de Actividad. Cuadros de mensaje avanzados, con datos dinámicos.
- Opciones de unidades en el digitalizador de ventiladores.
- Listado de Deshacer/Rehacer.
- Formulario de Auditoría de Modelo Mejorado.

3.2.1.4 Las características

- Resistencias

- Factores de Fricción
- Factores de Choque y Longitudes Equivalentes
- Fuentes de Calor, Refrigeración y Humedad
- Capas
- Tipos de Aire
- Materiales Combustibles
- Ventiladores (solo limitado a información de encabezado)
- Tipos de Conductos
- Perfiles de Conductos

3.2.1.5 Plano de edición

El plano de edición de manera predefinida es un plano horizontal de cualquier conducto de ventilación nuevo se localiza dentro de este plano, para poder visualizar la función cuadrícula está encendida por ello que el plano será atravesado por las líneas de coordenadas de la cuadrícula.

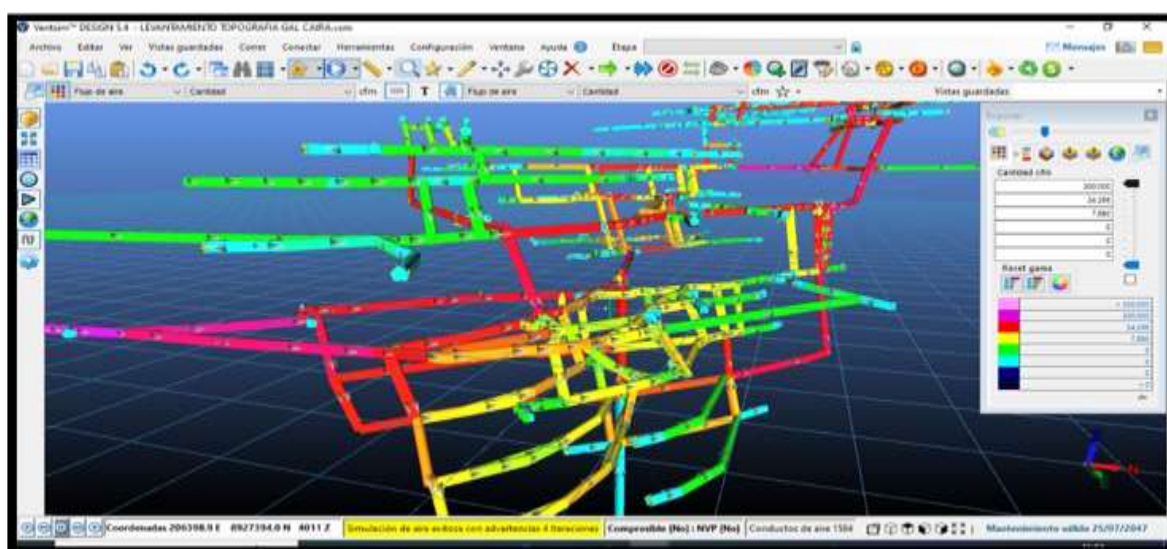


Figura 6 — Plano de Edición de Vista

3.2.1.6 Recirculación de aire en cada conducto

La recirculación es el paso de un caudal que circula en las galerías a través de un mismo punto, específicamente para trazar la ruta de todos los caudales en toda la mina en donde el aire puede estar recirculando.

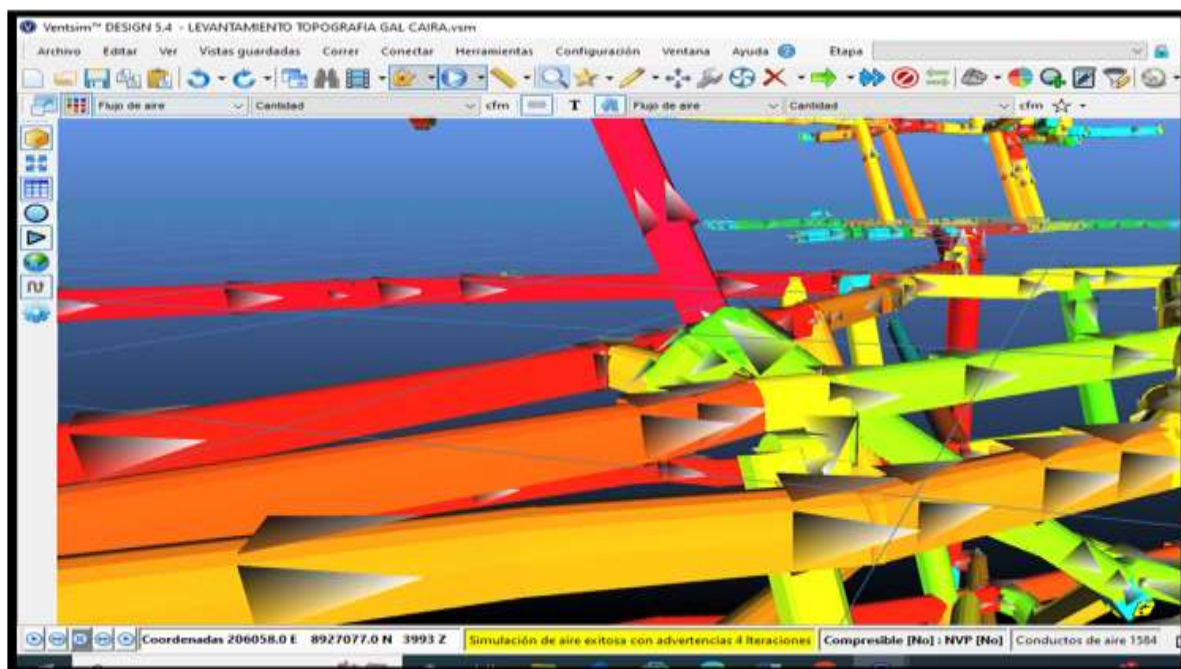


Figura 7 — La circulación de Aire fresco en los Conducto

3.2.1.7 Diseño de circuito de ventilación

El diseño de circuito de ventilación es el principal de un proceso de evaluación para evacuar los gases viciados, polvo, humo que se encuentran en suspensión en las labores y galerías en el interior de la mina, mediante el cual se hace circular por interior de la mina por un conducto de aire para equilibrar en los puntos de unión de los conductos en el circuito de sistema de ventilación, se determina el diseño con diferentes tipos de programa, el más que se utiliza es el software ventsim.

Para diseñar el sistema de ventilación se deberá tomarse los siguientes términos:

- Determinar la entrada y salida del aire
- Determinar el caudal total del aire requerido
- Resolver la red de circuito de ventilación
- Determinar el ventilador principal y cuantos HP
- Determinar los ventiladores secundarios y auxiliares
- Determinar tipos de ventiladores
- Determinar los tamaños de los ventiladores
- El suministro de energía eléctrica
- Consumo de energía por ventiladores por mes: Kw-h.

3.2.1.8 Circuito de ventilación

Un circuito de ventilación se constituye a un conjunto de ramales para la distribución el caudal de aire, conectado dentro de un circuito de ventilación entre sí permitiendo por donde fluyen el caudal de aire en cantidad y calidad para diluir los contaminantes de gases y polvo, y por ende la ventilación de las minas existen dos tipos distribuir el caudal de aire, para ello son flujos en serie a través de galerías en línea y el flujo en paralelo se conecta a través de dos puntos en galerías.

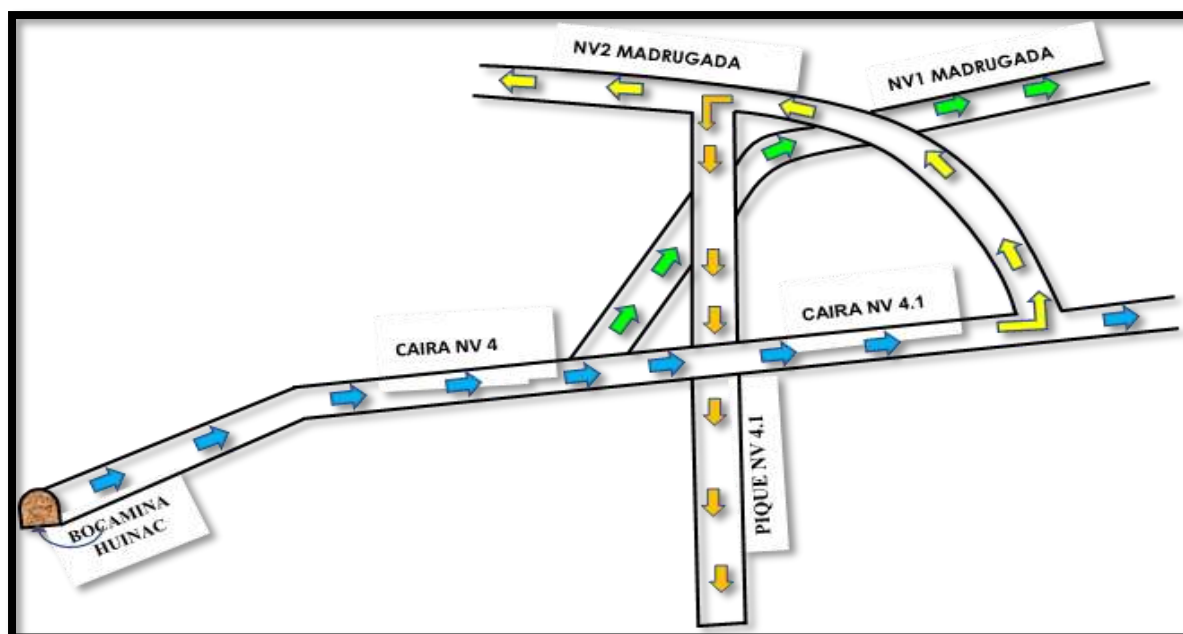


Figura 8 — Circuito de Ventilación

3.2.1.9 Sistema de funcionamiento de ventilador axial

El sistema de funcionamiento del ventilador tipo axial de alta precisión ducto flexible, se puede ver que los ventiladores capturan mucho aire contaminado generando que la temperatura se eleve demasiado 37°C a más, esto es debido a la recirculación que se produce cuando realizamos este tipo de ventiladores cada 200m sobrepasando los límites máximos permisibles que establece el Reglamento de Seguridad y Salud Minera DS 055-2010-EM porque no hay una evacuación total del aire contaminado en el frente de trabajo tenemos los siguientes términos.

- Sistema de ventilación integral
- Los cálculos
- La calidad
- Ventilador de alta precisión
- Ventilador robusto de alta eficiencia
- Motores montados sobre pernos menor resistencia del aire
- Lubricador automático

- Super silenciadores
- Instalación de super silenciadores
- Instalación en serie
- Enseriado ventilador
- Tipo de arrancadores

3.2.1.10 Componentes del ventilador

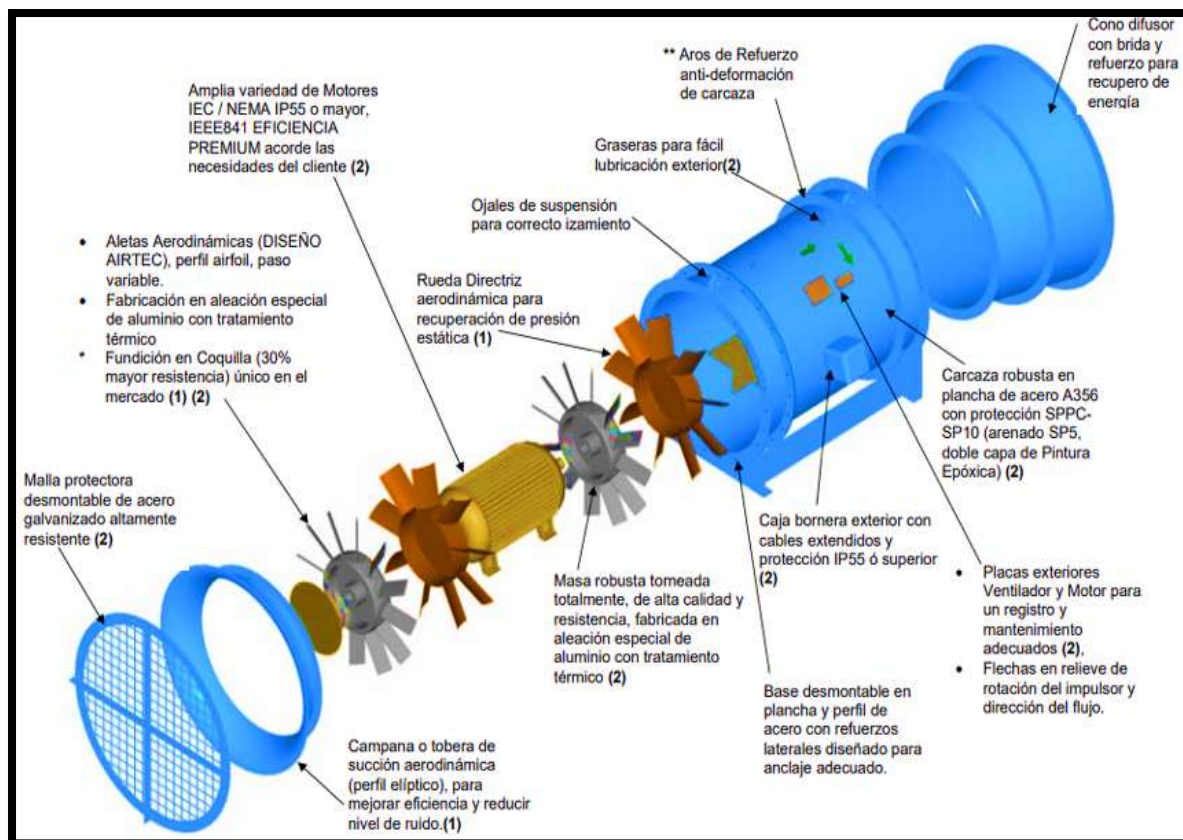


Figura 9 — Componentes del Ventilación

Extraído de libro de ventilador tipo axial

3.2.1.11 Características de un ventilador

- Eficiencia Aerodinámica acorde con los estándares internacionales.
- Sistema de regulación de aletas exterior y no requiere desmontaje de impulsores.
- Equipo Balanceado con inspección final in situ para confirmación de niveles de vibración y punto de operación.
- Soporte técnico permanente.
- La mayor eficiencia aerodinámica: mayor caudal y menor consumo de energía.
- Las más altas presiones de entrega.
- Mayor relación beneficio /costo (menores costos de mantenimiento).
- Equipo diseñado para trabajar con variadores de frecuencia.

Tabla 4 — Las Características de Ventiladores Axial

ITEM	DESCRIPCIÓN	CALIDAD
01	Ventilador Axial	30,000 cfm (14.2 m ³ /s)
02	Motor Trifásico	Eficiencia premium de alta eficiencia en el ahorro de energía para trabajo en interior mina
03	Potencia Eléctrica	55 Kw
04	Eficiencia	80%
05	Thermistor	PTC. 6V. 160° (Sensor de Temperatura para protección de motor)
06	Presión Total	10.8 in c.H2O
07	Altitud	4200 M.S.N.M (Temperatura 20°C)
08	Densidad de Aire	0.73 Kg/m ³
09	Velocidad de Giro	3552 rpm
10	Voltaje/Frecuencia	440 V / 60 Hz
12	Diam. de ventilador	800mm
13	Angulo de los Alabes	52° regulables y correctamente balanceadas según ISO1940 nivel G4
14	Carcasa del ventilador	Ventilador robusto para interior mina, acero de 6 mm de espesor
15	Nivel de Ruido	85 BA (a 5 m con silenciadores)
16	Sistema de Lubricación	Automática ubicada en el exterior del ventilador

3.2.1.12 Las curvas características

Las curvas características son las que se encarga a definir el comportamiento de los vínculos de los motores como curvas de potencia de motor, curvas de consumo específico del motor para nuestro ventilador que se va utilizar en está simulación.

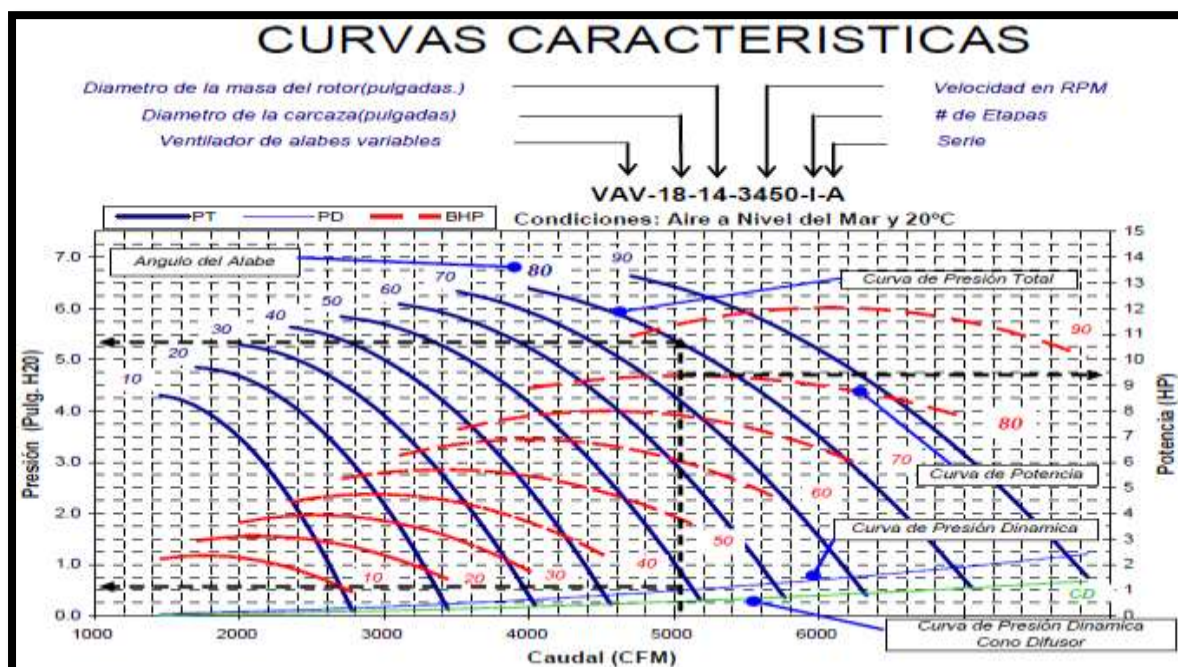


Figura 10 — Curvas Características

3.2.1.13 Descripción de manga de ventilación

La manga de ventilación una de las mejores condiciones que tiene para adquirir la manga de ventilación diámetro 32'' y mangas flexibles ignifugas, porque es de buena calidad y da un buen servicio de asistencia técnica, para mayor claridad detallamos a continuación.

- Manga flexible ignifugas
- Codos ratificaciones de diseño aerodinámico
- Soporte de Post-venta
- Curvas flexibles “ignifugas”
- Mangas de ventilación (cierres para uniones)
- Condiciones suministro



Figura 11 — Manga de Ventilación

3.2.2 La ventilación (V - Dependiente)

Según V. Valarezo (2020), Menciona en su tesis, “el sistema de ventilación, se identificaron diferentes parámetros técnicos y necesidades de personal. Para ello, se estudiaron las longitudes reales, caudal requerido y análisis de pérdidas, a través de cálculos matemáticos y una evaluación económica que resultaron esenciales para un correcto diseño de ventilación”. Según J. H Herrera (2006), Menciona en su tesis, “La ventilación es uno de los más importantes en la seguridad del personal porque reduce o elimina los riesgos de catástrofes y accidentes bajo tierra al tiempo que mejora sustancialmente el rendimiento de las operaciones. Según V. Macukachi (22), Menciona en su tesis, “La ventilación de la mina Subterránea, proveer el aire necesario para la vida y normal desempeño de los hombres y buen

funcionamiento de las máquinas y equipos, diluir y extraer los gases asfixiantes, tóxicos e inflamables que se generan permanentemente en la mina subterránea, control de las concentraciones de polvo nocivos para la salud, control de la temperatura ambiental en el interior de la mina, control de flujo de aire fresco en la mina en casos de incendios subterráneos"

La ventilación de una mina que consiste es el proceso de hacer fluir aire fresco y limpio de cantidad y calidad, eficiente, más que todo en las minas subterráneas y también que existe mucha contaminación por falta de aire en el frente de trabajo en cada labor hoy en día los principales fundamentalmente técnicos y orientación a mejorar la atmosfera de trabajo en las minas subterráneas, especialmente en aquellas minas más profundas en donde la temperatura y las presiones del terreno, son factores muy determinante por altas temperaturas generados en minas muy profundas obligan a complementar las instalaciones de ventilación mecanizada.

3.2.3 El sistema de ventilación

El sistema de ventilación proporciona un flujo de aire eficiente y optimiza la cantidad de aire que ingresa al interior de la mina, deberá ser con aire limpio de acuerdo a las necesidades del personal, las maquinarias y para evacuar los gases, polvos toxicas, humos, humedad, suspendida en la atmosfera que pudiera afectar la salud del trabajador, y también a los equipos y vehículos, que se encuentran en el interior mina, el sistema que garantiza un flujo de aire suficiente y necesario para asegurar a los trabajadores con una atmósfera limpia, (Herrera Herbert, 2019).

3.2.4 El aire

El aire fluye naturalmente es esencial para la vida de todo ser vivos por la presencia del gas oxígeno en la respiración el cual es necesario en interior mina, seco atmosférico que se respira normalmente es una mezcla gaseosa que contiene 21 % de oxígeno y 78 % de nitrógeno en volumen, al trasladarse en interior de la mina altera su composición química a esto se define como una mezcla mecánica de gases, en su estado puro y seco tiene la siguiente composición (Llanos Puga, 2017).



Tabla 5 — La Composición de Aire Seco

GAS	% EN VOLUMEN	% EN PESO
Oxígeno (O ₂)	20,95	23,14
Nitrógeno (N ₂)	78,09	75,53
Anhídrido carbónico (CO ₂)	0,03	0,046
Argón y otros gases	0,93	1,284

Extraído de Área de Medio Ambiente de la Empresa Minera Huinac

Es importante en todas las empresas mineras dar la calidad de aire limpio a los trabajadores que laboran o realizan en el frente de trabajo de operación minera más que todo en minas subterráneas, el ser humano vive respirando aire de calidad y cantidad, declara que el aire de la composición que es necesario en la vida Andres, 2018.

- a) **Nitrógeno (N₂)** es un gas muy estable e inerte que en condiciones normales contiene gas sin color, olor ni sabor, su peso específico 0,967, que constituye del orden del 78 % del aire atmosférico en el aire de minas es perjudicial para las personas que trabajan en interior mina, por ser la causa de una fuerte disminución del oxígeno.
- b) **Oxígeno (O₂)** es un elemento químico en condición normal de presión y temperatura y también que constituyen cerca de la quinta parte del aire atmosférico, es un gas incoloro, inodoro e insípido, no toxico para la vida, también tiene un peso específico 1,11, en la respiración humana de acuerdo de la temperatura es más pesado que el aire que respirar aire normal 21 % de oxígeno, si el oxígeno baja hasta 16 % tienen dificultades para respirar.
- c) **Anhídrido carbónico (CO₂)** es un gas que están compuestos por dos átomos de oxígeno y uno de carbono también contiene gas inodoro, incoloro, ligeramente ácido y no inflamable, es soluble en agua cuando la presión se mantiene constante, se encuentra presente en el aire que respiramos se encuentra también en los suelos y en las rocas.

3.2.5 El aire en la mina subterránea

El aire al ingresar interior de la mina sufre muchos cambios en su composición química, por ejemplo, el cambio de oxígeno; la cantidad de oxígeno disminuye; por otro lado, aumenta el anhídrido carbónico y también la cantidad de nitrógeno aumenta el vapor de agua; el papel importante que hace es el agua que disminuye el polvo, y además; se agregan al aire por la presencia de diversos gases y polvos o tipos de mineralización y se convierte aire contaminado en las labores y galerías entre otros etc. Debe tener la atmosfera y la composición dada por la temperatura y también el grado de humedad para poder desarrollar las labores con seguridad por esta razón se caracteriza por estar compuestos por contaminantes como el Monóxido de



Carbono, el Gas Carbónico, Dióxido de Carbono, Gases Nitrosos, Anhídrido Sulfuroso, Polvos de Roca y minerales radiactivos, también se determina y el aire muerto como mezcla de anhídrido carbónico 5 al 15% y nitrógeno 95 a 85% por ende que puede estar presente en el aire de las minas subterráneas.

3.2.5.1 Propiedad física de aire

- Densidad del aire.
- La cantidad de masa de aire.
- Aceleración de la fuerza de la gravedad.
- Peso del aire.
- Calor específico.
- Viscosidad.
- Presión.
- Temperatura.
- Humedad del aire.

3.2.5.2 Respiración humana de acuerdo al ritmo del oxígeno

La respiración humana es un proceso involuntario o automático y vital en donde se inhala el aire ingresa a los pulmones y el oxígeno de ese aire pasa a la sangre una respiración rápida y profunda instantáneamente la inhalación es normal, por ejemplo, en un ambiente libre la respiración es normal y natural, en las minas subterráneas la inhalación es dificultosa por falta de oxígeno en lugares donde no hay oxígenos, la muerte es por asfixia al respecto del aire, el O₂ es 2% y con un 5% la respiración es penosa y puede ser fatal.

Tabla 6 — Respiración Humana de Acuerdo al Ritmo del Oxígeno

Actividad	Reposo	Moderado	Muy vigorosa
Ritmo respiratorio por minuto	12 – 1	30	40
Aire inhalado por respiración (m ³ /s x 10 ³)	5 - 15	46 - 59	98
Oxígeno consumido en (m ³ /s x 10 ⁻⁶)	4,70	33,04	47, 20
Cociente respiratorio “CR”	0,75	0,90	1,00

Extraído de Manual de libro de Ventilación

3.2.6 Los gases que propagan en la atmosfera en la mina subterránea

Los gases presentes en la mina subterránea conocer las siguientes características de la atmosfera de mina, los gases más frecuentes en minas subterráneas, algunas propiedades físicas y químicas, efectos fisiológicos sobre el cuerpo humano determinando el grado de concentración y su límite permisible en la corriente de ventilación de la mina, en donde se genera los gases contaminantes es dada por la fuentes generadas de gases será, perforación y



voladura, tipos de mineralización, por uso de equipos Diesel, al conocer estés tipos de riesgos, se toma toda las medidas preventivas, para evitar algún accidente y evitar personal gaseados e intoxicados que son los que trabajan en la mina, conoceremos los gases que son altamente peligrosos en las empresas mineras tiene las siguientes composiciones.

Tabla 7 — Los Gases en la Atmosfera en la Minas Subterráneas

Gas	Dens. del. (aire =1)	Efectos	Origen	Concentr. adm (max)
Monóxido de carbono (CO)	0,97	Toxico	Oxid. Carbón	50ppm (100)
		(Explosivos)	Combust. Incompl Voladura	
Dióxido de carbono (CO ₂)	1,53	Asfixiante	Formación Combustión Voladura	5000 ppm (12500)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1,59	Toxico	Motores térmicos Voladura	10 ppm (25)
Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	1,19	Toxico	Acción del agua sobre pirita o yeso	10 ppm (50)
		(Explosivos)		
Dióxido de azufre (SO ₂)	2,26	Toxico	Combustión pirita Motores térmicos Voladura en pirita	5 ppm (10)
Hidrogeno (H)	0,07	Explosivo	Formación Gasificación carbón Recarga de baterías	1000 ppm (10000)
Metano (CH ₄)	0,55	Explosivo	Formación	8000 ppm (15000)
Aldehídos (C _n H _{2n} O)	1,17	Toxico	Motores térmicos	2 ppm
Rn	7,66	Radiactivo	Formación	130000 Mev

Extraído de Manual de Libro de Ventilación

- a) **Monóxido de carbono (CO):** Es un gas extremadamente venenoso, incoloro, inodoro, insípido y ligeramente más liviano que el aire, es uno de los gases más peligrosos que existen y es la causa del 90% de los accidentes fatales en minas subterráneas por intoxicación por gases, por lo general es producido en las minas por el uso de explosivos y los disparos, el peligro de monóxido de carbono para la salud se debe a que la hemoglobina de la sangre se combina con el gas con mucha más facilidad que con el oxígeno.
- b) **Gases nitrosos (NO, NO₂):** son los gases incoloros cuando tiene en concentraciones bajas no tienen color, olor y sabor, en concentraciones altas se pueden detectar por su color pardo rojizo, es un gas tóxico e irritante que se forma en las minas por efecto del empleo de explosivos, especialmente cuando se utiliza anfo y por la combustión de motores diésel y los equipos o vehículos que funcionan con diésel y gasolina.
- c) **Ácido sulfhídrico (H₂S):** Es un gas incoloro, fuertemente tóxico de olor característico a huevos podridos, que también inflamable, irritante y venenoso, pero es más venenoso que el monóxido de carbono, cuando su concentración en el aire es de 6 % a 45 %. Irrita las mucosas de los ojos y las vías respiratorias, atacando así mismo el sistema nervioso.



- d) Dióxido de carbono (CO₂):** Es un gas incoloro, inodoro y sin olor con un ligero sabor ácido, se produce por combustión u oxidación de materiales que contienen carbono: carbón, madera, aceite o algunos alimentos; fermentación de azúcares, y por la descomposición de carbonatos bajo la acción del calor o los ácidos.
- e) Anhídrido sulfuroso (SO₂):** Es un gas incoloro, sofocante, con fuerte olor a azufre y sulfuroso inflamable, a concentraciones más altas de anhídrido sulfuroso produce síntomas más graves, y es más pesado que el aire y se disuelve fácilmente en agua, por la combustión de minerales con alto contenido de azufre y por las voladuras en minas que contienen sulfuros y afecta las vías respiratorias y destrucción de áreas del pulmón.

Tabla 8— Los Efectos de la Deficiencia del Oxígeno en la Atmosfera

CONTENIDO DE OXIGENO	EFFECTOS
17%	Respiración rápida y profunda. Equivale a 2.500 m.s.n.m.
15%	Vértigo, vahído, zumbido en oídos, aceleración latidos.
13%	Pérdida de conocimiento en exposición prolongada.
9%	Desmayo e inconsciencia.
7%	Peligro de muerte. Equivale a 8.800 m.s.n.m.
6%	Movimientos convulsivos y muerte.

Extraído de Manual de Libro de Ventilación

3.2.7 Límites máximos permisibles de sustancia química

En actividad minera se determina el límite máximo permisible para medir la concentración de las sustancias químicas que puede causar daño a la salud humano estos términos deberán permanecer dentro que está establecido son:

- Polvo respirable: 3 mg/ m³.
- Polvo inhalable: 10 mg/ m³.
- Oxígeno (O₂): mínimo 19.5 % y máx. 22.5 %
- Dióxido de carbono (CO₂): máximo 9000 mg/ m³. ó 5000 ppm. 30000 por un lapso no superior de 15 min.
- Monóxido de carbono (CO): máximo 29 mg/ m³. ó 25 ppm
- Metano (NH₄): máximo 5000 ppm
- Hidrógeno Sulfurado: máximo 14 mg/ m³. ó 10 ppm
- Gases Nitrosos (NO₂): máximo 7 mg/ m³. de 3 ppm ó 5 ppm
- Gases Nitrosos (NO): 25 ppm



- Anhídrido Sulfuroso: 2 ppm mínimo a 5 ppm máximo
- Aldehídos: máximo 5 ppm
- Hidrógeno (H): máximo 5000 ppm
- Ozono: máximo 0.1 ppm

Es una de los factores más importantes en la seguridad del personal porque reduce o elimina los riesgos y accidentes, existe el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional aprobado por el Ministerio de Energía y Minas en el Decreto Supremo Nro. 023-2017-EM.

Toda mina subterráneas se debe mantener con el aire fresco cantidad y calidad para el personal en los frentes de trabajo operativa, para la dilución de los gases existentes en labor y galería por ello si tiene como mínimo de 19.5 % y como máximo 22.5 % de oxígeno, en cuando las minas están entre 1500 m.s.n.m, en el frente de trabajo, la cantidad mínima de aire será por cada hombre 3 metros cúbicos por minuto ($3 \text{ m}^3/\text{min}$), las cantidades de aire es de acuerdo de la siguiente escala que son:

- De 1500 a 3000 metros aumentará en 40%, será igual a $4 \text{ m}^3/\text{min}$.
- De 3000 a 4000 metros aumentará en 70%, será igual a $5 \text{ m}^3/\text{min}$.
- Sobre los 4000 metros aumentará en 100%, será igual a $6 \text{ m}^3/\text{min}$.

Determinando la cantidad de aire circulante que no será menor de tres 3 metros cúbicos por minuto, la velocidad del aire será menor de 20 metros por minuto y también ni superior a 250 metros por minuto en labores de explotación de acuerdo de la ventilación que se encuentre o se realice sea ventilación natural o ventilación mecánica, de acuerdo del término se instalará los ventiladores principales, secundarios o auxiliares según las necesidades que requiere la mina.

3.2.8 Temperatura efectiva

La temperatura efectiva es la determinación del movimiento de aire y la humedad, en donde se va a medir de medida de concentración de agua o vapor de agua en un sólido, también puede ser en líquido, se puede medir el grado de bienestar de un cuerpo humano en condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire circulante.

3.2.9 Humedad relativa

La humedad relativa es la determinación para expresar la cantidad de humedad en una muestra de aire en un estado totalmente desaturado y también el vapor de agua que se presenta en el aire, temperatura y presión.



La humedad se refiere a la cantidad en peso es donde un kilogramo de aire seco que es la temperatura desaturado de un punto de rocío, es la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada y la cantidad máxima de agua y relativa máxima posible es 100 %, según la teoría, (Eliexe, 2016).

$$HR = \frac{PV}{PV (saturado)} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

HR: Humedad relativa

PV: Densidad de vapor real

PV: Densidad de vapor saturación

3.2.10 Termómetro de bulbo húmedo

Es la determinación de la temperatura medido con el termómetro de bulbo húmedo es cuando se evapora el agua de la mezcla como por ejemplo que se da un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua y la corriente de aire, el agua se evapora más o menos rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, según la teoría, (Eliexe,2016).

3.2.11 Termómetro de bulbo seco

Es la temperatura del aire húmedo en donde la temperatura del aire va marcar un termómetro de acuerdo de grado que contenga el termómetro convencional de mercurio para medir la temperatura de bulbo seco, el mercurio con un rango de escala de 5 °C a 50 °C y una precisión de +/-0,5 °C. según la teoría, (Eliexe,2016).

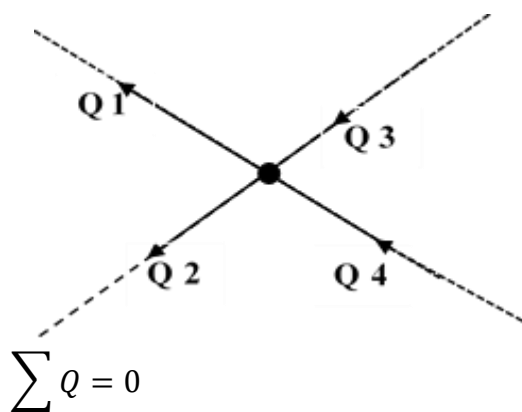
3.2.12 Ley de Kirchhoff

Las leyes de Kirchhoff es la conservación de la energía y la carga en los circuitos eléctricos también aplicadas a un circuito eléctrico para calcular circuitos de ventilación de minas, como caudales de aire y caídas de presión según la teoría, (23).

3.2.13 Primera ley de Kirchhoff

La Ley de continuidad basado en la primera ley de Kirchhoff estableciendo la red de sistema de ventilación de minas para ubicar los nodos en cada punto y la suma de los corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de todo flujo de aire en cualquier unión de cantidad de nodos, (Kirchhoff, 1824-1887).



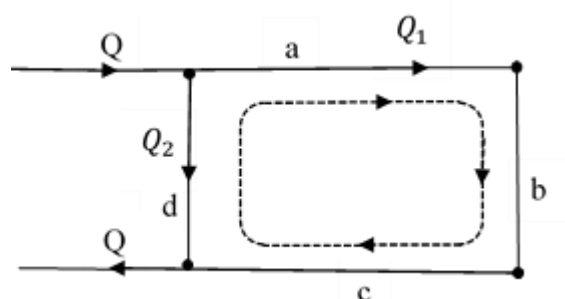


Donde:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$$

3.2.14 Segunda ley de Kirchhoff

La ley de circulación basado de la segunda ley de Kirchhoff, se establece que la suma de todas las diferencias de potencial eléctrico alrededor de un lazo es cero, es suma algebraica de las caídas de presión en ramales integrantes de mallas por ello es cero, (Kirchhoff, 1824-1887).



$$\sum H_1 = 0 \quad (3)$$

Donde:

$$H_1 = H_{1a} + H_{1c} + H_{1b} - P_{1d} = 0$$

3.2.15 La presión

La presión de un gas se expresa en unidades atmosferas absolutas o en atmosferas técnicas, la presión crea una fuerza hacia arriba de igual magnitud de la fuerza y a la dirección opuesto a la fuerza hacia abajo generada por la gravedad que actúa sobre la pesa y por una atmosfera absoluta se entiende la presión $P_o = 1,0333 \text{ kg/cm}^2$ de una columna de 760 mm de mercurio a 0° al nivel del mar, el cambio de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura, la presión cambia de la manera siguiente. La presión y temperatura constante, el volumen de un gas es directamente proporcional al número de moles del gas presente, son las siguientes determinaciones.

$$\text{Log } P = \log P_0 - \left(\frac{Z}{18.4} - 0.006T \right) \quad (4)$$

En donde:

P_0 : 760 mm de mercurio, presión al nivel del mar.

Z: Altura sobre el nivel de mar (m).

P: Presión en la altura a (mm de Hg).

T: Temperatura de media del aire entre en nivel del mar y el punto considerado (°C). Se concederá en por 9,81 (Pa)

3.2.16 Tipos de la temperatura

La temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor en un ambiente de trabajo o ya sea de un cuerpo, las condiciones de trabajo vienen determinando el grado de humedad que puede incrementar la sensación de calor o frio, fuentes de calor en una mina subterránea se pueden mencionar el gradiente térmico, la autocomposición de aire, movimientos de terreno, maquinarias, la iluminación y los fluidos de los minerales y con temperatura aproximada de 300°C. Todas las características litológicas, estructurales, mineralógicas y de tipo de fluido. Por ello sobre todo en caso de minas profundas se caracterizan, indirectamente las diferencias entre las temperatura seca y temperatura húmeda, (24).

a) Temperatura seca

Es la determinación de las medidas de temperaturas, es la temperatura del aire medida por un termómetro de mercurio normal, prescindiendo de la radiación calorífica de los efectos de la humedad relativa y velocidad del aire.

b) Temperatura húmeda

La temperatura que da un termómetro que corresponde al vapor de la temperatura al entrar en contacto con el agua en estado líquido y los valores de la temperatura y presión, el aire puede retener una cantidad mayor o menor de vapor de agua es por ello lo que forma la humedad del aire. La temperatura que se alcanza cuando grandes cantidades de aire no saturado (de vapor de agua) que se pone en contacto con un termómetro ordinario cuyo bulbo se mantiene húmedo a la tela húmeda bajo una corriente de aire.



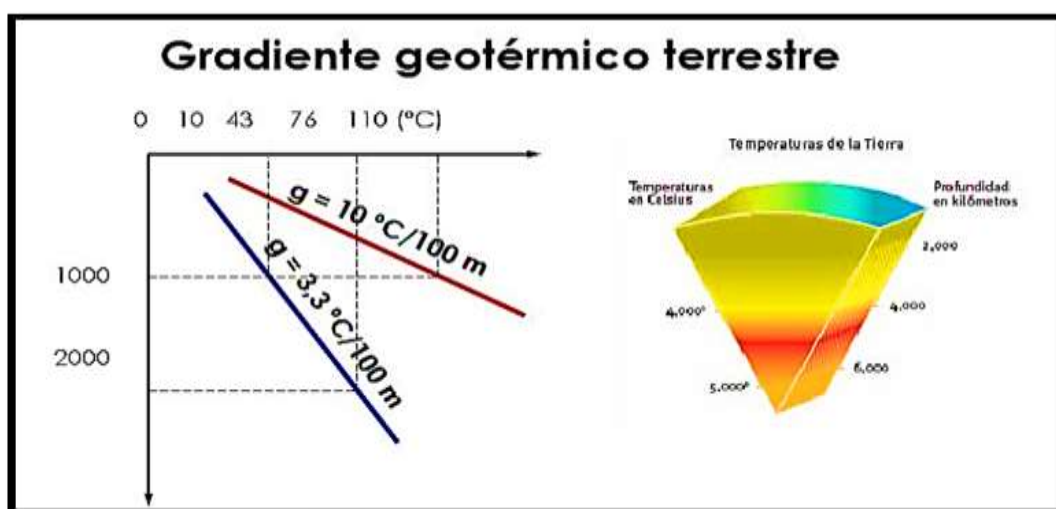


Figura 12 — Gradiente Geotérmico Terrestre

Extraído de Manual de Libro de Termodinámica

3.2.17 Caudal de aire

El caudal de aire es fundamental el sistema de ventilación que establece las condiciones ambientales de la mina, para determinar la cantidad de flujo de aire que pasa por un conducto de ventilación y circula por todo en ambiente y los puntos de trabajo y labores, chimeneas, piques, para diluir adecuadamente los gases, normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. El caudal de una sección cerrada o manga puede calcularse a través de la siguiente formula:

$$Q = V * A \quad (5)$$

Dónde:

A: Sección transversal (m²).

V: Velocidad del flujo (m/min).

Q: Caudal en (m³/min).

3.2.18 Requerimiento de aire para el personal

El requerimiento de aire al personal es sumamente importante para poder satisfacer las necesidades de aire al interior mina para el consumo del personal es proporcionar 6 m³/min a más de 4000 m.s.n.m. por cada personal.

Tabla 9 — La Cantidad de Aire Requerido por Cada Persona

Nivel del mar m.s.n.m.	Variación %	Volumen (m ³ /min)
1500	-. -	3
500- 3000	0.4	4
3000 – 4000	0.7	5
4000 – mas	1	6

Extraído de Manual de D.S N°023 – 2017 - EM

$$Q_1 = q * n \quad (6)$$

Dónde es:

Q_1 : Cantidad de aire necesario para el personal (m^3/min).

q : Cantidad de aire mínimo por persona (m^3/min).

n : Número de personas presentes en la mina por guardia

3.2.19 Requerimiento de aire por cada cantidad de equipo en la mina

Cuando se realiza el uso de equipo diésel, la cantidad de aire no será menor de 3 m^3/min por cada HP que desarrolla los equipos se termina de acuerdo (Decreto Supremo N°023-2017-EM, 2017).

$$Q_2 = K * N \quad (7)$$

Dónde es:

Q_2 : Cantidad de aire para uso de equipos diésel (m^3/min).

K : Cantidad de aire necesario por cada HP (m^3/min).

N : Número total de HP de los equipos que trabajan en la mina.

3.2.20 Requerimiento por cantidad de explosivos

Para determinar la cantidad de explosivos de los humos de voladura y la cantidad de gases tóxicos por unidad de masa.

$$Q_3 = V * N_i * A \quad (8)$$

Dónde:

Q_3 : Cantidad de aire para diluir contaminantes por el uso de explosivos (m^3/min).

V : Velocidad del aire 20 m/min . (Dinamita) y 25 m/min . (Anfo).

N_i : Numero de niveles de la mina en trabajo

A : Área promedio de la sección de las labores niveles en trabajo (m^2)

3.2.21 Medida de temperatura en la mina

La medida de temperatura es una magnitud de física y la cantidad de calor o frio, se miden con termómetro para eso se requiere los siguiente:

- Termómetros ordinarios
- psicrómetro, termo-anemómetro
- termo-eléctricos.
- Medidores de resistencia variable.
- Los coeficientes de temperatura positiva o negativa.
- Psicrómetros
- Termohigro – anemómetros



3.2.22 Ingeniería de control de polvo

El control de polvo es la estabilización de caminos en lugar de trabajo o en operación mina se toma los métodos de control de acuerdo de nivel de polvo en proceso de prevenir para lo cual se emplea la aplicación de agua o productos químicos, se menciona las medidas de control de polvo, (Carlos Yabar, 2020).

- a) **Prevención:** Se toma de manera anticipada para evitar accidentes o incidentes para evitar riesgos de salud humana, y reducir las partículas de polvo con regados de agua.
- b) **Eliminación:** Constantemente realizar regado con agua para eliminar el polvo en labores, en galerías, en el frente de trabajo, más que todo en los puntos críticos.
- c) **Supresión:** Tomar las estrategias de controlar en infusión con agua o vapor, regado con agua, espuma, por absorción de aire etc.
- d) **Dilución:** dilución es diluir el polvo o partículas de polvo en mina, se prepara los ventiladores secundarios y ventiladores auxiliar; también por corriente de la ventilación principal y neutralizar el polvo para disminuir la cantidad de polvo asentado

3.2.23 Teoría de método cross Kirchhoff

Realizando los aspectos teóricos a considerar los investigadores sobre el sistema de ventilación y Características y los cálculos matemáticos de los sistemas de ventilación en minas subterráneas, basados de los investigadores que son métodos de Hardy Cross y leyes de kirchhoff para llegar a una solución y obtener los cálculos de ventilación para optimizar sistemas de ventilación mediante software Ventsim.

3.2.24 La ley de Kirchhoff

se determina la ley de Kirchhoff para calcular la presión requerida cuando el aire fluye a través de un ducto en galerías como la velocidad de aire y la densidad de aire son los factores y son considerados en la ecuación de John Atkinson.

$$P = \frac{K \cdot C \cdot L \cdot Q^2}{A^3} \times \frac{w}{1.2} \quad (9)$$

$$P = \frac{K \cdot C \cdot L \cdot V^2}{A} \times \frac{w}{1.2} \quad (10)$$

Donde:

P: Pérdida de presión (Pa).

C: Perímetro (m).

L: Longitud (m).

A: Área (m²).

Q: Flujo de cantidad (m³ /s).

V: Velocidad (m/s).



K: Factor de fricción (Ns^2/m^4).

w: Densidad del aire (Kg/m^3).

Las dos fórmulas son correctas

que son: $Q = V * A$ (11)

$$V = \frac{Q}{A} \quad y \quad V^2 = \frac{Q^2}{A^2} \quad (12)$$

El termino de $(w/1,2)$ está incluido en la fórmula de Atkinson para determinar que los requisitos de presión dependen de la densidad del aire la presión para circular el aire que tiene la mayor densidad del aire a través de un sistema de ventilación.

3.2.25 Sistema ventilación auxiliares

La ventilación auxiliar consiste en proporcionar un sistema de ventilación haciendo uso de ducto en donde la ventilación auxiliar que ventilan en áreas restringidas o topes y labores ciegas, emplear un circuito de alimentación de aire fresco y evacuación del aire viciado por ello que le provee el sistema de ventilación general, (Herrera Herbert, 2006).

3.2.25.1 Ventilación impelente

El aire fresco es impulsado y mediante la presión por un ducto dentro de la galería en donde extrae el gas viciados y sale por la galería en las minas.

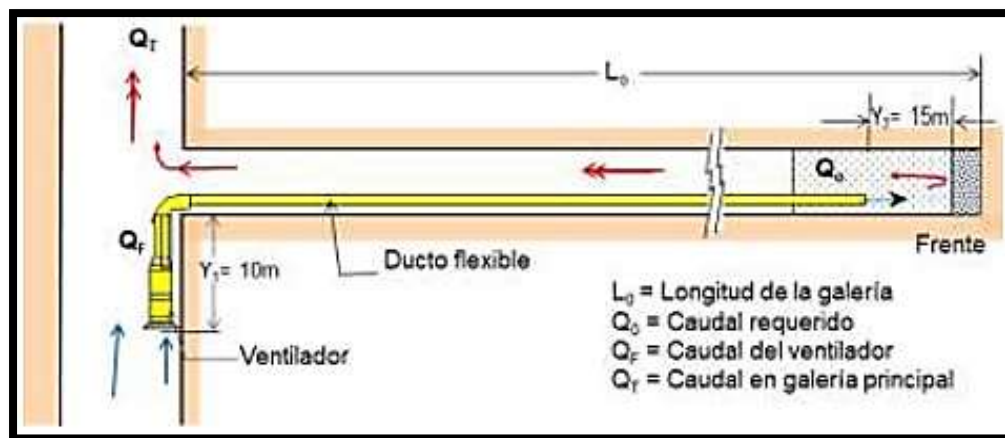


Figura 13 — Ventilación Impelente

Extraído de Revista de Medio Ambiente y Minería (2012)

3.2.25.2 Ventilación aspirante

Se realiza la conducción del aire en un tubo regida y el aire fresco ingresa por el frente de la galería y absorbe el aire contaminante de la parte interna de la mina y extraído mediante succión y por el ducto y lo conduce al exterior, extrayendo el polvo y los gases tóxicos menciona, (Niño Castro, 2015).

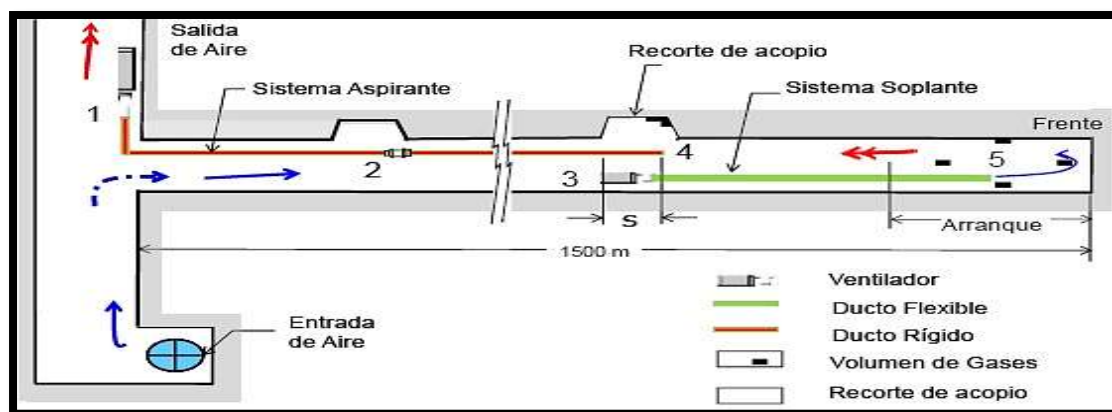


Figura 14 — Ventilación Aspirante

Extraído de Manual de Medio Ambiente y Minería (2021)

3.2.26 Velocidad de aire

La velocidad de aire en la mina subterránea se puede definir en las labores y galerías la velocidad de aire no será mejor de 20 m/min; ni superior a 250 m/min en las labores de explotación incluyendo en el desarrollo y preparación, en cuando de emplee explosivo ANFO otros agentes de voladura la velocidad de aire no será menor de 25 m/min.

Tabla 10 — Velocidad de aire

Impelente		Aspirante	
Distancia (m)	Velocidad (v) % V en descarga	Distancia (m)	Velocidad (v) % V en entrada
5	95	0.25	60
10	60	0.6	27
25	15	0.75	14
35	5	1	7

Extraído de Manual de Libro de Ventilación

3.2.27 Tipos de ventilación

La ventilación es un proceso de hacer fluir el aire fresco o limpio estableciendo un circuito para la circulación del aire fresco dando a través de todas las labores, según las necesidades que requieres de la mina se realizan de acuerdo de tipos de ventilación.

- Ventilación natural
- Ventilación mecánica
- Ventilación auxiliar

Estableciendo la ventilación que existe como la ventilación mixta o combinada es decir como impelente y aspirante por ende en la impelente el ventilador impulsa el aire por las tuberías, por otro lado en el caso de aspirante el ventilador succiona el aire del interior mina por la tubería y lo expulsa hacia exterior y se determina de acuerdo por número de personas y por

polvo en suspensión por aumentos de las temperaturas en la interior mina y por ampliación y profundización en minas subterráneas.

3.2.27.1 Ventilación natural

Determinar la ventilación natural se produce cuando el aire o viento esté en movimiento o corriente de aire en la atmosfera es decir que existe una energía natural crea una corriente natural de aire y que esta influencia por la gradiente térmica y entre diferentes puntos de circuito de ventilación natural. En la mina subterránea se ejecuta la ventilación principal de la mina es debido básicamente de calentamiento o enfriamiento que sufre el aire entre las bocaminas de entrada y salida.

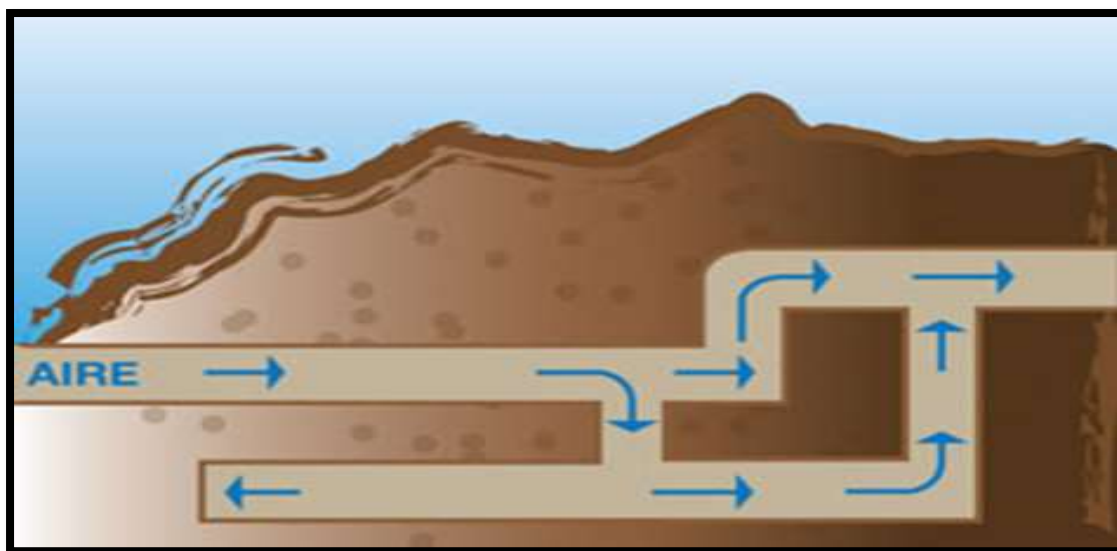


Figura 15 — Ventilación Natural

Extraído Libro de Ventilación de Mina Subte por (Dr. Malcolm)

3.2.27.2 Ventilación mecánica

La ventilación mecánica es la ampliación de la mecánica de fluidos al flujo de aire es ocasionada por la presión que ejerce un ventilador sobre una masa de aire por ello es accionado por un motor de aire que envía hacia interior y succiona el aire el cual es accionado por un motor eléctrico y le permite una constante presión sobre el aire y transportada en la cantidad fija de aire viciado en entrada y salida. La ventilación mecánica se realiza en la mina subterránea por la profundización o ampliación de mina en donde se requiere el aire fresco por falta ventilación se requiere un ventilación auxiliar o secundarias para que ventilen las áreas restringidas y poder diluir y trasladar el aire contaminante de las minas subterráneas.



Figura 16 — Ventilación Mecánica, Tipo Axiales

Extraído de Ventilador Removex (31 – 03 - 2023)

3.2.27.3 Ventilador auxiliar

La ventilación auxiliar es un sistema de ventilación en donde se instalan en un conjunto de ductos de ventiladores para determina la ventilación en áreas restringidas para controlar y ventilar una galería y frentes de ciegos para el desarrollo de instalación y ventilación en un frente de trabajo y la seguridad de operación, en donde vamos a instalar la preparación de tubería que se va a llevar al frente de trabajo para lo cual que se va a llevar el aire apto para los trabajadores.

3.2.28 Circuito de ventilación en la mina subterráneas

Un circuito de ventilación en la mina subterránea es un conjunto de distribución de caudal de aire fresco, por donde va a fluir el ducto de flujo de aire, el sistema de ventilación debe ser eficiente y a su vez cumplir con los requerimiento de caudal de aire en toda las galerías, labores, se debe hacer el circuito de ventilación de acuerdo de la cantidad de aire proporcionada y el tamaño de la mina, para helo mediante la planificación se diseña el circuito a mediano plazo o largo plazo del sistema de ventilación existen tipos de circuito para conexión de ramales que pueden ser como circuito en serie y circuito en paralelos.

3.2.28.1 Circuito en serie

Circuitos en serie, es la conexión varios circuito y ramales que el flujo de aire se mueve sin ratificación, es decir, si no existen fugas, a lo largo del sistema el caudal de aire permanece constante, se determina con las leyes de la electricidad de (Robert Kirchhoff, 1887).

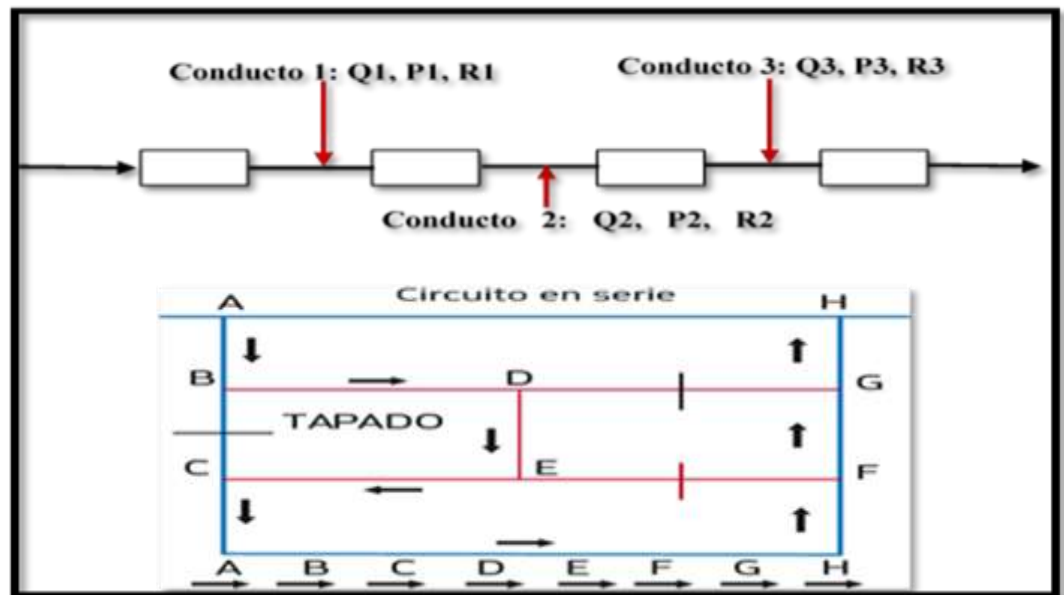


Figura 17 — El Circuito en Serie

3.2.28.2 Circuito en paralelo

Circuitos en serie, es la conexión varios circuito y ramales que el flujo de aire se mueve sin ratificación, es decir, si no existen fugas, a lo largo del sistema el caudal de aire permanece constante, se determina con las leyes de la electricidad de Kirchhoff, (Robert Kirchhoff, 1887).

3.2.29 Ventiladores

Los ventiladores son un sistema de equipo de una máquina de fluido y transmite energía para generar la presión de aire y mantener un flujo de aire, en donde la energía de presión requerida va a mover el volumen de aire que hará circular en todas las áreas de la mina.

3.2.29.1 Tipos de ventiladores

Existen tipos de ventiladores que es sumamente necesario para el movimiento de aire, para eso se tiene que instalar los ventiladores principales y ventiladores secundarios para ramales los auxiliares se mencionan los siguientes ventiladores para mina subterráneas.

- Centrífugos o radiales
- Axiales o hélices

Centrífugos o radiales: El ventilador centrífugo es el que hace fluir el aire en forma circular arrastrando el aire y usa una fuerza centrífuga para generar movimiento de aire, es un dispositivo mecánico para mover el aire en donde el aire es impulsado por una turbina y lo expulsa a través de sus alabes o palas en la trayectoria del aire en el ingreso de aire en paralelo a un plano radial a la salida, en la cual la entrada y salida están en ángulo recto, el centrífugos tiene mayor ruido, el motor fuera del flujo de aire, impulsa el aire con altas temperaturas.



Figura 18 — Ventilador centrífugos

Extraído Libro de Ventilación de Mina Subte por (Dr. Malcolm)

Axiales o hélices: El ventilador axial es un tipo de ventilador de diseño aerodinámico en donde el motor y las alas están montado directamente sobre el eje, en la cual consiste esencialmente que el eje de giro, es un rodete que se desplaza paralela con respecto a la corriente de aire generada, en el que recoge e impulsa el aire o gas en la misma dirección que el eje de rotación de sus aspas y sus parámetros son grandes caudales volumétricos junto con presión reducida, tiene una capacidad de hasta 78,000 cfm, el flujo a la salida tiene en forma helicoidal, el nivel de ruido es baja, fácil de instalar.

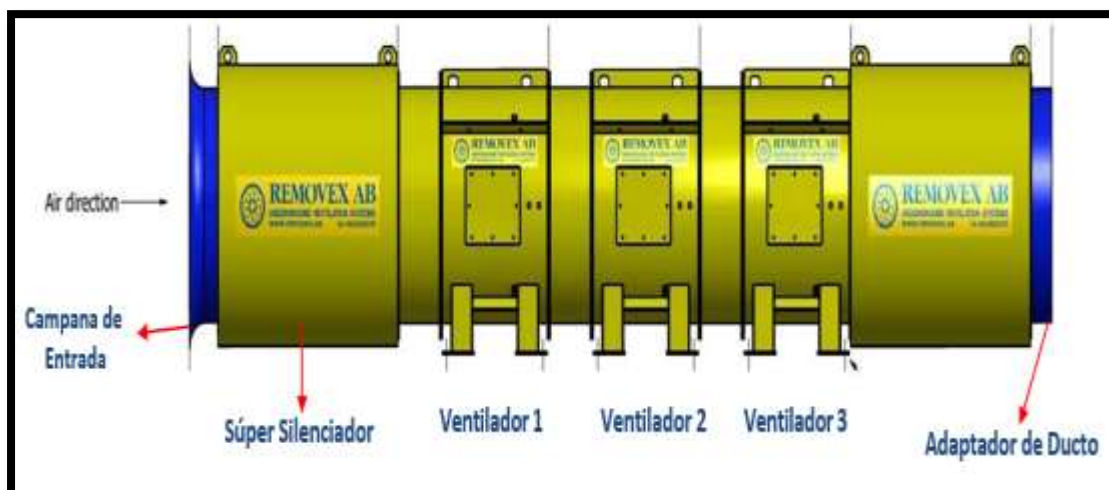


Figura 19 — Ventilador axial

Extraído Ventilador Removex AB, (2023)

Diferencia centrífugos y axial: La diferencia de los ventiladores axiales en el empuje de aire con el ventilador centrífugos este ventilador cambia la dirección de flujo en un plano perpendicular al eje de entrada del fluido de aire más eficiente tiene mayor presión que los axiales.

3.2.30 El control de ventilación en la mina

Para una óptima distribución de aire se requiere los siguientes ventiladores como (principal, secundarios, auxiliar).

a) Ventilador principal: El ventilador principal se caracteriza por tener mayor caudal o volumen de aire fresco o limpio, de la entrada de la superficie o bocamina este ventilador nos va a permitir a generar el flujo principal de ingreso de aire a toda las labores y galerías, es decir, ingreso y salida en el circuito de ventilación que se distribuirá a los conductos.

b) Ventilador secundarios: Los Ventiladores secundarios se realiza en los puntos claves que nos permite mover flujos de aire y también de mediana a gran capacidad para poder proveer el aire a puntos específicos de la mina donde se va a llevar a varios frentes como 5 o 6 frentes de trabajo hasta el frente de operación de trabajo.

c) Ventilador auxiliar: Es un sistema de ventilación para distribución el ducto de ventilación y acoples por ello hay que verificar longitud, las condiciones, las especificaciones de manga de ventilación es extender la longitud necesaria a través de los túneles y galerías.



3.3 Marco conceptual

3.3.1 Sistema de ventilación

El sistema de ventilación en la actividad minera es el requerimiento de caudal de aire fresco o limpio, es fundamental para diluir los gases viciados, cuando mayor sea la cantidad de caudal de aire será mayor circulación de aire en los conductos de las labores, galería, piques, chimeneas, para mejor desarrollo en los frentes de trabajo, el flujo de aire debe ser cantidad y calidad suficiente de acuerdo con números de trabajadores y HPs de equipos diésel, de acuerdo de reglamento de la minería debe contar en el ambiente de trabajo con un mínimo 19.5% de oxígeno.

3.3.2 Software Ventsim

El software ventsim 5.4, hoy en día a nivel mundial es un Software importante para optimizar el sistema de ventilación en corto tiempo y tiene las características nuevas y mejoras en el sistema de ventilación en donde se diseña y simulación dinámica, simulación de corriente de aire por excavación, simulación de termodinámica de calor y la humedad relativa, calcula función financiera y costo de ventilación entre otras etc.

3.3.3 Mecanismos de implementación del software ventsim

La implementación del software ventsim en el sistema de ventilación es la determinación para optimizar el flujo de aire necesario en las labores, galerías y piques en el interior de la mina.

- **La ventilación:** La ventilación ha sido una de las primeras preocupaciones a nivel mundial en todas minas subterráneas durante cientos de años, ya que hoy en día existe un análisis de un paquete del software ventsim, para procesar ingresar los datos e interpretar los resultados un tiempo adecuado para la simulación y diseño de red de ventilación en minas subterránea.
- **Circuito de ventilación:** El circuito de ventilación es un proceso de hacer circular el flujo de aire por ello es necesario crear las condiciones óptimas en el frente de trabajo de aire fresco, el circuito se dividió en el interior de las minas en ramales para hacer que toda las labores y galerías reciban el aire fresco, evitando toda recirculación de aire.
- **Aire en la mina:** Es acondicionamiento del aire que circula a través de las labores y galerías, principalmente es proporcionar un ambiente seguro y saludables.
- **Caudal de aire:** Es la cantidad de flujo de aire que va ingresar al interior de la mina, cuanto mayor sea el caudal es mejor para mantener un ambiente saludable y eficiente.
- **Parámetros de ventilación:** Los parámetros de la ventilación en la mina subterráneas, se puede definir es un conjunto de agentes químicos en ello se encuentran los gases, polvos,



humos, aire viciado, y son aire contaminado y el trabajador debe trabajar en un ambiente atmosférico que contenga menos 19.5% de oxígeno.

- **Implementación:** La implementación es la planificación de un proceso de estrategias y por ese texto o término se implementa el software ventsim en el sistema de ventilación para la simulación y diseño de red de ventilación para optimizar el sistema de ventilación en la en el nivel 4 de la mina Huinac.
- **Diseño:** Es un conjunto de proceso crear sobre un área definida para una construcción precisa y las dimensiones de un conducto de la mina, como la galería, rampa, pique el tamaño de un conducto del sistema de ventilación para una simulación en 3D.
- **Simulación:** Es un proceso para ejecutar la evaluación y analizar los resultados del diseño, en donde vamos a evaluar el circuito de ventilación como la velocidad de aire, la cantidad de aire, el caudal total requerido en el conducto de las labores, galerías piques que va a fluir el aire limpio.
- **Optimizar el sistema de ventilación:** La optimización del sistema de ventilación se ejecutará el caudal de aire para su distribución en el interior de la mina el circuito de ventilación será optimo utilizando el software ventsim.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo **cuantitativa** y **aplicada**, ya que usamos datos numéricos para identificar la calidad de aire y las condiciones de circuito de ventilación, se aplicará los conocimientos y técnicas para resolver los problemas en cada área o labor de la mina, teniendo en cuenta la finalidad de aplicar estrategias y técnicas para solucionar problemas reales identificadas, por ello para llevar a cabo esta investigación será de tipo aplicada.

Según Gómez, S. (25), la metodología es cuando hablamos de “la investigación que es el pensamiento el materialismo dialéctico, el positivismo, la fenomenología, el estructuralismo, es secuencial probatorio que se clasifica en cuantitativo y cualitativo” (p. 4).

4.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo en la presente investigación tiene como finalidad estudiar cada uno de las áreas para determinar el flujo de aire que ingresa al interior de la mina, los resultados del estudio que permitirá el análisis de implementación del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación.

Según Condori, O. (26), menciona sobre el tema que es el “conjunto de proceso sistemáticos, críticos empíricos, en la naturaleza de carácter, cuantitativa y cualitativa es la mezcla pero es más que la suma de las dos anteriores e implica su interacción y potenciación” (p. 10), también se refiere al nivel descriptivo estableciendo un análisis de dos o más variables como se relacionan un fenómeno de estudio, así por ello se especifica características, objetivos, estadísticas, en la aplicación del software ventsim, y explicar cómo y por qué ocurre el fenómeno.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es **no experimental** ya que existe un protocolo de control, de las variables, manipulación de flujo de aire, diseño y simulación, para eso se realizará un proceso de estudio detallado de investigación demostrativa, que los resultados obtenidos será para optimizar el sistema de ventilación.



Según Abreu, J. (27), considera “el estudio de investigación no experimental – descriptivo, se trata de un estudio estratégico la recolección de datos y diseños” (P. 191).

4.3 Descripción ética de la investigación

En esta investigación no experimental de enunciados se respetará los resultados de validez, los principios y los métodos aplicables en la evaluación ética, sobre la optimización de ventilación de minas de la propiedad intelectual, confiabilidad, objetividad, originalidad.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

La población para este trabajo de investigación estará constituida por todas las personas involucradas en la extracción de operación de la mina Huinac.

4.4.2 Muestra

La muestra está determinada y constituida por las labores de producción, preparación y desarrollo donde se realizarán la medición de flujo de aire en la mina Huinac.

4.5 Procedimiento de investigación

El procedimiento de investigación se realizará de acuerdo del proceso de toma de datos en campo para ejecutar con el software ventsim, del trabajo de investigación en lo cual se analiza las condiciones del sistema de ventilación analizando los métodos y conceptos con la finalidad de alcanzar, el objetivos trazados de la mina Huinac, de manera sistemática y analizaremos dentro de la investigación el procedimiento de área de estudio y los cálculos sobre la implementación del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación para determinar el caudal de aire, la cantidad de flujo de aire, las condiciones y estándares de ventilación, diseñar el circuito de ventilación aplicando con el software ventsim y simular en 3D, el tiempo de ventilación, los equipos de ventiladores, evacuar los gases viciados, el caudal de air debe ser de calidad y cantidad, realizando con las siguientes actividades.

- Recopilación de datos de trabajo en campo
- Medición en campo
- Medición de área
- Medición de gases
- Medición de velocidad de flujo de aire en la galería Caira nivel 4
- Medición de velocidad de aire en la chimenea



- Medición de temperatura y humedad relativa en el ambiente de la labor
- Redacción final de datos en campo

4.5.1 Recopilación de trabajo en campo

Recopilación de datos de campo existente sobre marco legal de la mina Huinac, en ello se realiza los trabajos de medición de áreas y los perímetros de la galería y labores y parte superficie de la chimenea, la ubicación se procede con el flexómetro para medir el área transversal, la longitud en qué forma se encuentra el área como (cuadra, rectangular, trapezoidal, etc.)

4.5.2 Medición en campo

La medición en el campo son los instrumentos que se utiliza para su medición el equipo en donde la presión barométrica, velocidad de aire, temperatura de ambiente, humedad relativa, temperatura bulbo seco, temperatura bulbo húmedo se analizará los datos en la parte superficie.

4.5.3 Medición de área

La medición de área se realiza con el flexómetro para determinar todas las distancias y los ángulos que sean necesarios de esa manera se podrá calcular el área y la cuadrícula.

4.5.4 Medición de gases

La medición de los gases en la mina subterránea se utiliza el multidetector de marca crowcon, en ello se realiza un control de los gases viciados para vigilar la calidad de aire, la medición se hace de manera continuo de un barrido de derecha a izquierda y hacia arriba también hacia abajo para detectar los gases peligrosos como monóxido de carbono, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, gases nitrosos son gases altamente peligrosos para el personal que trabaja en la mina.

Tabla 11 — Medición de Gases en la Galería Caira

Ítem	Nivel (m.s.n.m)	Labor (NV)	Temperatura (T°C)	Oxígeno O2 (%)	Dióxido CO2 (%)	Monóxido o CO (ppm)	Nitroso NO2 (ppm)
01	4250.12	Bocamina Nv 4	19.5	18.78	0.09	31.4	2.8
02	4230.15	Galería Caira Nv 4.1	18.2	18.42	0.07	34.7	2.3
Promedio			18.75	18.6	0.08	33.05	2.55



4.5.5 Medición de la velocidad de flujo de aire en la galería Caira

La medición de velocidad de flujo de aire se ha determinado en la entrada de la bocamina en la galería principal de la zona Caira nivel 4, se utilizó un termo-anemómetro de marca Delta OHM Digital, la velocidad de aire 0.29 a 0.32 m/s, la turbulencia de aire, es de acuerdo de la velocidad de aire.



Figura 20 — Velocidad Flujo de aire en la Galería Caira Nv 04

Extraído de Imagen Fotográfica y área de medición de Flujo de aire

4.5.6 Medición de velocidad de aire en la chimenea

La medición de velocidad de aire en chimenea, se realiza la salida de aire se toma al pie de la misma base de la galería, la velocidad de aire es tomado a una distancia de cada 8m del pie de la chimenea y luego sea tomado en la salida de la chimenea para Saber cuándo sale el flujo de aire a la parte superficie en donde se tomó 1.19 a 1.30 m/s a la salida de aire



Figura 21 — La Medición con Tubo de Pitot Velocidad de Aire

4.5.7 Medición de temperatura y humedad relativa en la galería Caira

La medición de temperatura se ha realizado con el instrumento Hidrómetro de marca delta OHM, tomando el monitorio en cada lugar de trabajo el grado de uno de ellos que es 5.9°C a 11.2°C en la labor y salida en la chimenea.



Figura 22 — Medición de Temperatura

4.5.8 Redacción final de datos tomado en campo

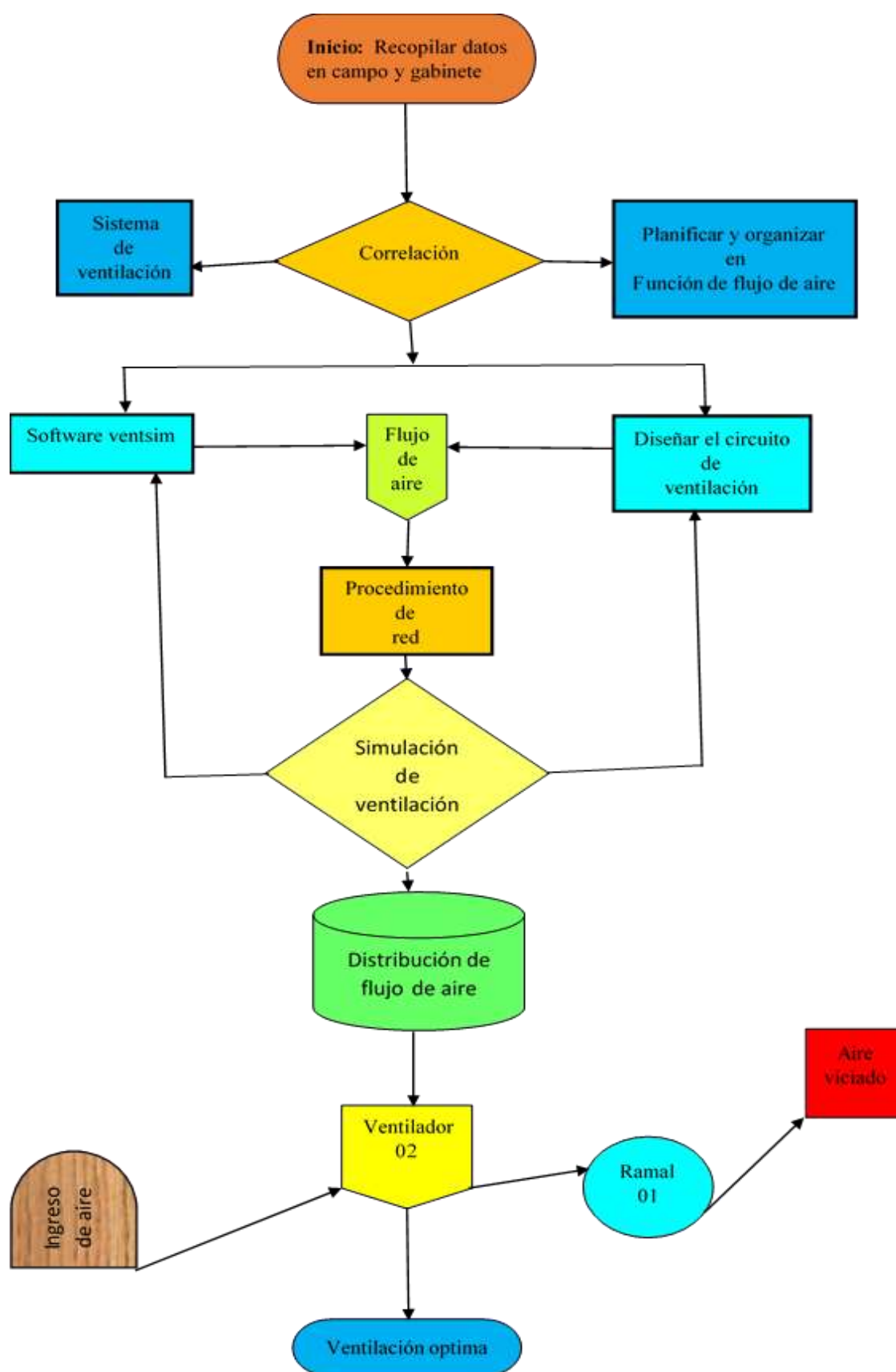
En este proceso de investigación se ha obtenidos los datos tomados en campo que representa las mediciones y medidas de cada área en donde se tomó las mediciones de cada galería, chimeneas, pique tanto en la interior mina y en la parte superficial de la mina y a la entra de la bocamina, como por ejemplo la entrada de aire y salida de aire, la temperatura bulbo seco, la velocidad de aire (m/s) y los resultados finales se observa en la siguientes imagen.

Tabla 12 — Redacción Final de Datos en Campo

Nº	Horas	Ingreso(I) Salida (S)	Labor	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m2)	Temperara bulbo seco (°C)	Temperara bulbo húmedo (°C)	Velocidad de aire (m/s) - 1 er barrido	Velocidad de aire (m/s) - 2do segundo	Velocidad de aire (m/s) - 3er barrido
1	08:19:00	S	DDM3	0.60	0.60	0.36	6.9°/6.1°/0°	6.1°/5.5°/0°	1.15	1.11	1.10
2	08:34:00	S	CH 4	1.17	1.55	1.81	7.3°/7.2°/7.1°	6.4°/6.7°/6.6°	1.25	1.30	1.40
3	08:41:00	S	CH 4.1	1.35	2.55	3.44	5.9°/5.6°/5.5°	5.1°/4.9°/5.1°	1.02	1.19	1.02
4	08:49:00	S	CH 4.2	1.12	2.20	2.46	4.8°/5.1°/5.2°	4.2°/4.6°/4.7°	0.26	0.14	0.30
5	09:00:00	I	Bocamina	1.60	1.80	2.88	4.6°/4.1°/4.8°	3.9°/3.8°/4.4°	1.42	1.41	1.43
6	09:23:00	S	CH 3.1	0.59	1.24	0.73	5.7°/5.9°/5.5°	5.1°/4.9°/5.1°	0.29	0.26	0.26
7	09:28:00	S	CH 3	1.00	1.00	1.00	10.7°/11.0°/11.1°	10.1°/10.3°/10.6°	1.42	1.35	1.48
8	09:38:00	S	CH 2	1.00	1.00	1.00	11.4°/11.7°/11.5°	10.5°/10.8°/10.7°	2.46	2.47	2.45
9	09:45:00	S	CH 1	1.50	1.50	1.25	8.2°/8.7°/8.5°	7.4°/7.8°/7.6°	3.31	3.27	3.30
10	09:54:00	I	Bocamina NV 02	2.50	2.60	6.50	9.1°/8.7°/8.8°	8.2°/7.7°/7.9°	1.63	1.66	1.64
11	10:05:00	I	Bocamina NV 01	2.50	2.60	6.50	7.3°/7.2°/6.1°	6.7°/6.5°/5.6°	0.99	0.95	0.97
12	10:18:00	S	EV - CH - Caira	1.20	1.20	1.44	11.7°/11.6°/11.4°	10.6°/10.9°/10.7°	1.33	1.37	1.36
13	10:26:00	I	Galeria caira Ev - 3	1.80	1.60	2.88	9.5°/7.7°/8.0°	8.4°/6.9°/7.5°	0.30	0.28	0.29
14	10:37:00	I	Bocamina NV 04 Caira	2.50	2.80	7.00	8.8°/7.2°/7.8°	7.8°/6.3°/6.6°	0.28	0.27	0.32
15	10:44:00	I	Bocamina NV 4.1 Caira	2.50	2.80	7.00	10.1°/10.0°/9.8°	9.4°/9.5°/8.6°	0.38	0.36	0.40
16	10:52:00	S	CH 01 NV 04	0.80	0.80	0.64	10.9°/10.7°/10.8°	9.9°/9.8°/9.7°	0.47	0.45	0.51
17	10:56:00	S	CH 02 NV 4.1	0.80	0.80	0.64	10.3°/10.3°/10.2°	9.7°/9.6°/9.4°	1.81	1.55	1.76

Se ha realizado toma de medición el día 05 de mayo del 2022, en la mina Huinac, se requiere el sistema de ventilación mecánica por ello se ha tomado la medición de datos en campo con el ingeniero Liñán Ramírez Luis Fortunato, en la actualmente es residente de la mina Huinac, los datos tomados son exclusivamente para calcular el flujo de aire y determinar el costo de ventilación la instalación de ventiladores principales y mangas de ventilación.

Tabla 13 — Diagrama de Sistema de Ventilación



4.6 Técnica e instrumentos

Las técnicas de investigación son muy importantes se hace mediante un procedimiento de actividades y aplicará la técnica de la observación directa al análisis de datos en donde se realiza el estudio del flujo de aire para optimizar el sistema de ventilación.

Instrumentos son los recursos necesarios para este trabajo de investigación en donde se recolectarán los datos medidos en el campo en cada punto, ¿para qué? Luego se digitalizará en el sistema de software ventsim, para diseñar el circuito de ventilación posteriormente se ejecutará la simulación, la información obtenida debe ser concreta y precisa para esto tenemos los siguientes instrumentos.

- Reportes de área de ventilación
- Libreta de campo
- Cámara digital
- Guías
- Anemómetro
- Tubo de humo
- Tubo de Pitot

Es la recolección de datos que se realiza como: observación directa de variables, medición de gases, medición flujo de aire, medición de temperatura y luego se digitalizara en el sistema de ventilación.

4.7 Análisis estadístico

Las técnicas de muestreo en este trabajo de investigación primero se basan en la obtención de datos después la construcción de circuito de ventilación en galerías y labores, piques, chimeneas, mediante el diseño y simulación de red de ventilación aplicando el software ventsim 5.4 y además utilizando AutoCAD civil, Programa ArcGIS, Excel entre otros etc.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Análisis de optimización de sistema de ventilación

El análisis de los resultados de flujo de aire de los cálculos reales para el diseño y simulación de sistema de ventilación aplicando el software ventsim para mejor la calidad de aire y mayor desplazamiento de aire en los conductos de las galerías y labores en los niveles 4 y 4.1 de la galería Caira y galería madrugada entre otros, como se muestra en el anexo N°6 el diseño de circuito de ventilación.

5.1.2 Ventilación natural de la mina Huinac

La ventilación natural de la mina Huinac en el nivel Caira 4 y 4.1, con los datos obtenidos se ha realizado el ingreso de aire 0.38 m/s al interior de la mina se ha calculado el flujo de aire con una cantidad 277.20 (m³/min).

Tabla 14 — El Ingreso de Aire de Ventilación Natural en el Nv Caira 4 y 4.1

Eje	Nivel	Labor	Sección (m ²)	Velocidad Aire (m/s)	Flujo de Aire (m ³ /min)	Flujo de Aire (cfm)
Bocamina principal	4	Galería Caira	7	0.38	159.60	5636.23
Sub total					159.60	5636.23
Bocamina principal	4.1	Galería Caira	7	0.28	117.60	4153.01
Sub Total					117.60	4153.01
TOTAL					277.20	9789.24

La salida de aire viciado del interior de la mina, se ha verificado con los datos obtenidos mediante la salida de aire que es 0.27 m/s en el nivel 4.1 al interior de la mina calculando el aire contaminado en una cantidad 264.60 (m³/min).

Tabla 15 — La Salida de Aire Viciado de Ventilación Natural

Eje	Nivel	Labor	Sección (m ²)	Velocidad Aire(m/s)	Flujo de Aire (m ³ /min)	Flujo de Aire (cfm)
Bocamina principal	4	Bocamina	7	0.36	151.20	5339.58
Galería Caira	4.1	Galería Caira	7	0.27	113.40	4004.67
TOTAL					264.60	9344.25

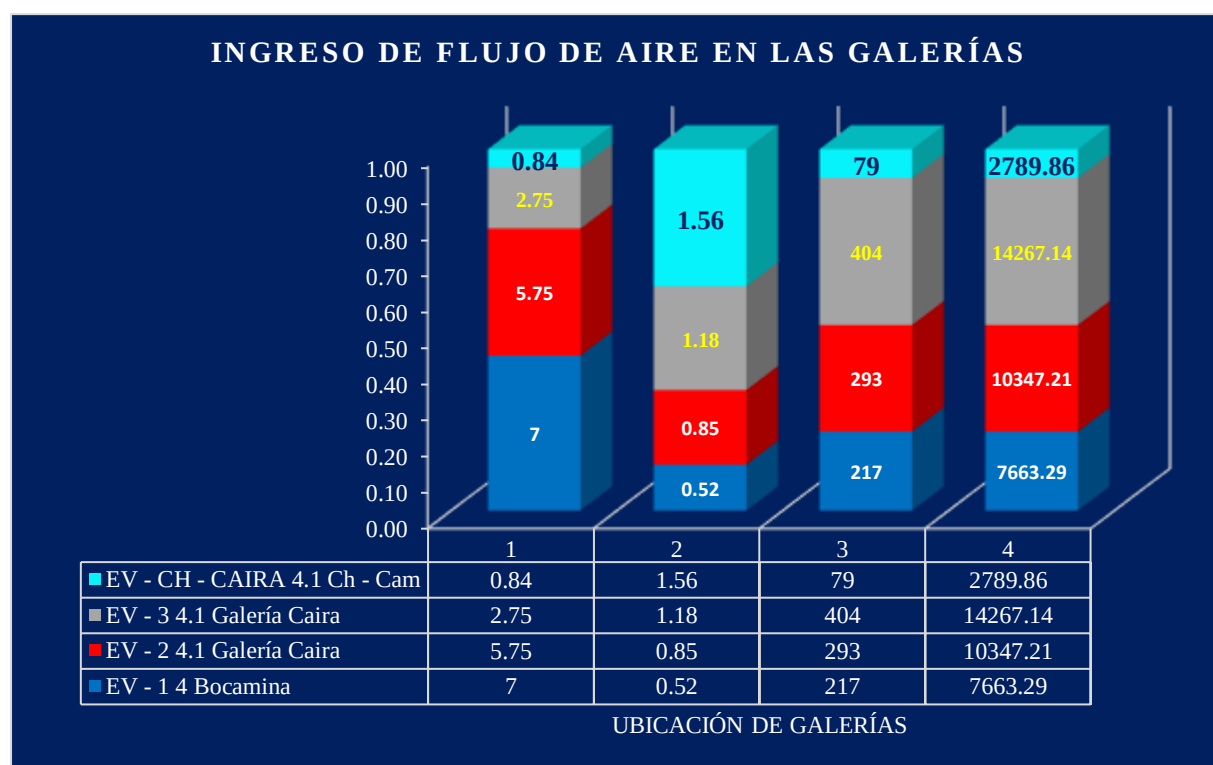
La salida de aire viciado es 264.60 m³/min se realiza por la chimenea.

5.1.3 Análisis actual de Ingreso de flujo de aire en el nivel Caira 4 y 4.1

Se ha realizado este análisis de ingreso de flujo de aire fresco o limpio en el nivel Caira 4 y 4.1 para suministrar el flujo de aire cantidad y calidad.

Tabla 16 — El Análisis de Ingreso de Flujo de Aire en el Nivel Caira 4 y 4.1

Estación	Ubicación		Área m ²	Velocidad		Flujo cfm	Cubertura (%)
	Nivel	Labor		m/s	m ³ /min		
EV – 1	4	Bocamina	7	0.52	217	7663.29	21.85
EV – 2	4.1	Galería Caira	5.75	0.85	293	10347.21	29.51
EV – 3	4.1	Galería Caira	2.75	1.18	404	14267.14	40.68
EV - CH – CAIRA	4.1	Ch - Cam	0.84	1.56	79	2789.86	7.96
TOTAL				4.11	993	35067.5	100 %

**Figura 23 — El Ingreso de Flujo de Aire en el Nivel Caira 4 y 4.1**

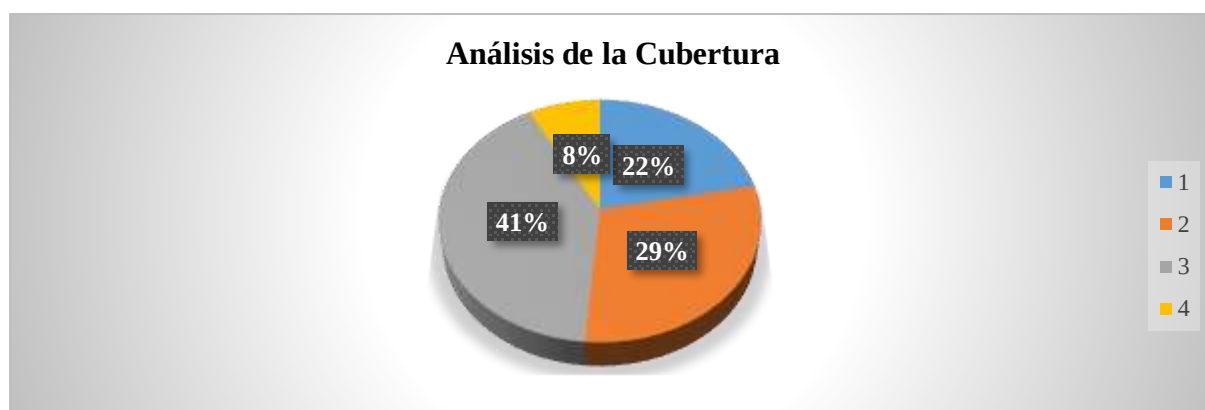


Figura 24 — Distribución de Ingreso de Aire en Porcentaje

5.1.4 Salida de aire viciado en el nivel Caira 4 y 4.1

El análisis de la salida de aire viciado de las labores, galerías, chimeneas, pique se realiza mediante los cálculos respectivos que son 555 m³/min de recirculación de aire viciado por otro lado en las gráficas anteriores se observa el nivel de aire viciado.

Tabla 17 — La Salida de Aire Viciado en el Nivel Caira 4 y 4.1

Estación	Ubicación			Área m ²	Flujo de Aire		Distribución (%)
	NV	Labor	Detalles		m ³ /min	cfm	
ES – 01	4	CH1- PRN SUR	Salida del Tajo 6	0.53	257	9075.87	7.8
ES – 02	4	Salida del Tajo 1	Salida del Tajo 6	0.4	33	1165.38	7.50
ES – 03	4	CH2- CAI	Salida del Tajo 1	0.36	6	211.88	3.70
ES – 04	4	CH3- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.45	17	600.35	5.70
ES – 05	4	CH4- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.72	22	776.92	6.20
ES – 06	4	CH5- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.42	21	741.61	8.00
ES – 07	4.1	CH1- PRN NORT	Salida del Tajo 6 MDR N.	0.35	22	776.92	7.30
ES – 08	4.1	CH2- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	0.72	9	317.82	5.50
ES – 09	4.1	CH3- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	0.48	18	635.66	7.10
ES – 10	4.1	CH1- MDR	Salida de los Tajos 5 - 6 MDR	0.6	26	918.18	8.30
ES – 11	4.1	CH2- MDR	Salida del Tajo 5 MDR N	0.48	27	953.49	6.40
ES – 12	4.1	CH3- MDR	Salida del Tajo 3 MDR S	0.72	21	741.61	8.60
ES – 13	4.1	CH4- MD	Salida del Tajo 3 MDR S	0.6	27	953.5	8.40
ES – 14	4.1	CH5- MD	Salida del Tajo 4 MDR S	0.62	26	918.18	5.20
ES – 15	4.1	CH6- MD	Salida del Tajo 4 MDR S	0.69	23	812.24	4.30
Total, de Ingreso					555	19,600	100%



Figura 25 — Distribución Salida de Aire Viciado en el nivel Caira 4 y 4.1

5.1.5 Requerimiento de Flujo de aire por consumo de equipos y materiales

El requerimiento de flujo de aire necesario por consumo de aire de los equipos y materiales será en cantidad y calidad de aire fresco o limpio se hace los cálculos respectivos para optimizar en el sistema de ventilación.

Tabla 18 — Análisis de Optimización de Sistema de Ventilación

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN			
Descripción de Distribución de Requerimiento	Flujo de Aire (m³/min)	Flujo de Aire (cfm)	Distribución (%)
Flujo por número de persona	1410	49793.737	52.15
Flujo por consumo de madera	403.25	14240.6528	14.91
Flujo por equipo diésel	282	9958.7454	10.43
Flujo por explosivo	256	9040.5632	9.47
Flujo por fugas	352.6875	12455.0533	13.04
Total	2703.9375	95488.752	100%

Se ha obtenido los resultados del flujo de aire con una cantidad 2703.9375 m³/min

Tabla 19 — Distribución de Flujo de Aire Para Optimizar la ventilación

Optimización Total de Flujo de Aire			
Ítem	Flujo de Aire	Flujo de Aire (m ³ /min)	Flujo de Aire (cfm)
01	Total, el flujo de aire requerido (Q)	2703.938	95488.760
02	Ingreso de aire (Qi)	1008.000	35597.218
03	Salida de aire (Qs)	555.000	19599.659
04	Superávit (Q - Qi)	132.000	4661.540
05	Cubertura (%)	96.55	%

Tabla 20 — Los Parámetros de Ventilación

OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS DE SISTEMA DE VENTILACIÓN		
Ítem	Descripción	Flujo de Aire requerido (m ³ /min)
01	Flujo de aire total requerido (m ³ /min)	2703.9375
02	Diámetro de manga (pulg)	32
03	Velocidad de aire en la galería Cairá (m/min)	336.277
04	La sección de manga de ventilación (m ²)	0.357
05	Velocidad de aire en la manga de ventilación (m/min)	19865.27

5.1.6 Diseño de circuito de ventilación aplicando software ventsim

El diseño de circuito de ventilación realizando con software ventsim para simulación y modelamiento en 3D, en la galería Cairá en el nivel 4 y 4.1 para optimizar el sistema de ventilación en la mina Huinac, se muestra los datos introducidos para (diseño, simulación, modelamiento), en donde se distribuirá el flujo de aire.

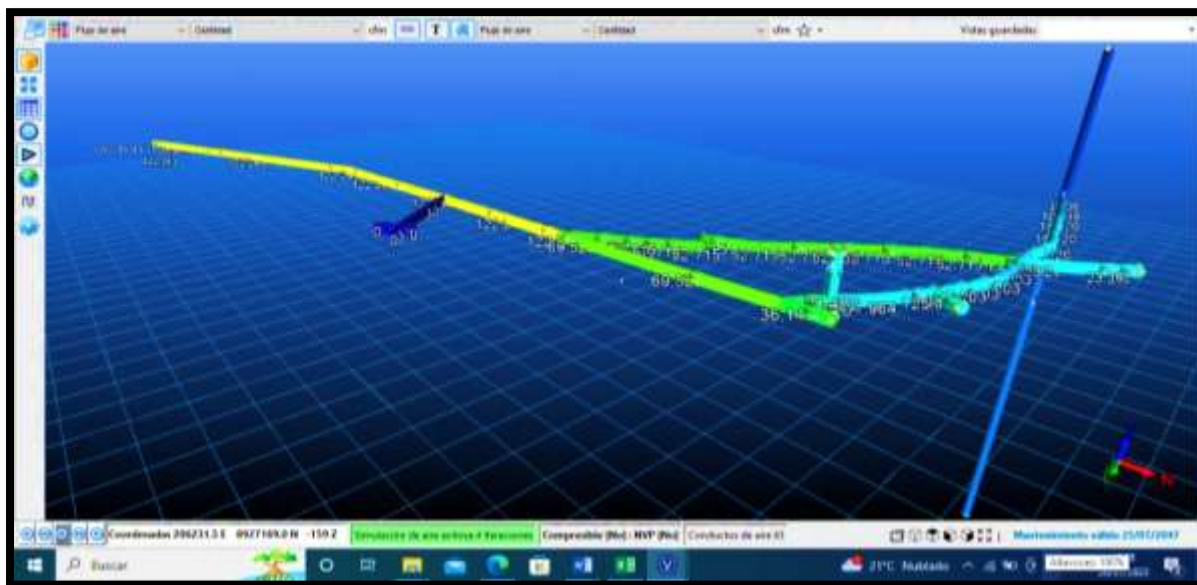
**Figura 26 — El Diseño de Circuito de Ventilación en el Nivel Cairá 4 y 4.1**

Tabla 21 — El Diseño de Circuito de Ventilación en el Nivel Caira 4

OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO DE CIRCUITO DE VENTILACIÓN EN EL NIVEL CAIRA 4 Y 4.1	
Descripción Diseño de la Galería Caira en el (Nv 4 y 4.1)	Diseño y Dimensión de la (Labor)
Tipo de galería	
Nombre de entrada	Bocamina Caira
Tipo de túnel	A media
Forma de conducto de aire	semicírculo
Dimensiones	
Altura (m)	2.80
Ancho (m)	2.50
Área (m ²)	6.20
Capas de flujo	
Tipo de aire	Fresco
Capa secundaria	Manga de ventilación
Superficie	Apto
Tipo de ventilador	
ventilador fijo	VAV-84-43-1150-IB
Curvas de ventilador	1,2,3,4,5,6,7
Caudal fijo	
Flujo de aire fijo (cfm)	95488.76
Velocidad (%)	100

Son los cálculos de diseño y la sección de la labor 2.80 x 2.50 de la bocamina

5.1.7 La optimización de eficiencia de ventilador en el nivel Caira 4

La eficiencia de ventilador se realiza a través del análisis de la curvatura del punto de elevación máxima característica, como por ejemplo curvas de presión, los ángulos de los alabes, la curva de potencia, curva de presión dinámica, para determinar el punto de trabajo de operación.

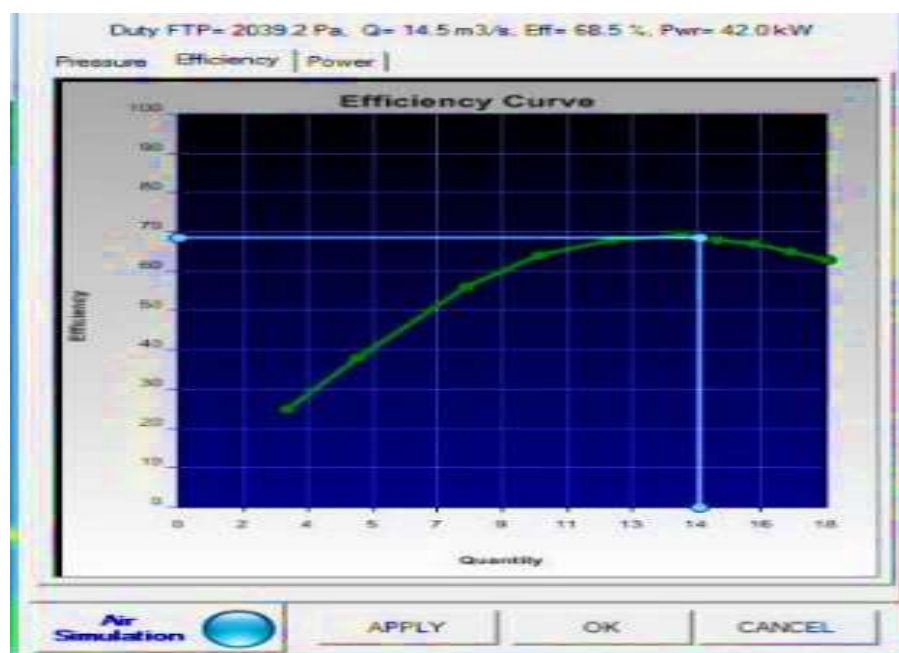


Figura 27 — Optimización de Ventilador

Tabla 22 — Optimización y Eficiencia de Ventilador

OPTIMIZACIÓN DE EFICIENCIA DEL VENTILADORES EN LOS PUNTOS DE OPERACIÓN				
Elementos de Ventilador (Datos)	Resultados (\$ & %)	Unidad (Métricas)	Porcentaje (%)	Flujo m/s
Ventilador 1				
Eficiencia	85.50%	rpm	100%	
Densidad del aire	1.20	kg/m ³		
FTP deber ser	1,851.90	Pa		
Cantidad	122,243	cfm		9.3
Potencia	167.5	hp Chimenea		
Potencia	176.3	hp eléctrica		
Costo	\$ 115,195 /años			
R del sistema	0.55641	Ns ² /m ⁸		
Peak Capacity	57% R		84% P	
Ventilador 2				
Eficiencia	80.60%	rpm	100%	
Densidad del aire	1.2	kg/m ³		
FTP deber ser	1,851.90	Pa		
Cantidad	138,518	cfm		10.6
Potencia	258.7	hp Chimenea		
Potencia	272.3	hp eléctrica		
Costo	\$ 177,909 /años			
R del sistema	0.55641	Ns ² /m ⁸		
Peak Capacity	80% R		95% P	
Ventilador 3				
Eficiencia	35.00%	rpm	100%	
Densidad del aire	1.2	kg/m ³		
FTP deber ser	3,027.40	Pa		
Cantidad	159,769	cfm		12.2
Potencia	874.9	hp Chimenea		
Potencia	920.9	hp eléctrica		
Costo	\$ 601,583 /años			
R del sistema	0.53248	Ns ² /m ⁸		
Peak Capacity	330% R		100% P	

La eficiencia de ventilador es 85.50% en el punto de corte de la curvatura

5.1.8 Optimización de las curvas característica

Los resultados de las curvas características se determinaron por la potencia de un ventilador aplicando el software ventsim para optimizar en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac son los siguientes datos.



Tabla 23 — Resultados de Optimización de Caudal

Resultados de los Cálculos	
Caudal	5000 cfm
Presión total	3.93 (H ₂ O)
Presión dinámica	0.45 (H ₂ O)
Presión estática	3.59 (H ₂ O)
Potencia	7.10 (HP)

Resultados de presión total 3.93 H₂O y potencia 7.10 HP

5.1.9 Diseño de la manga de ventilación

El diseño de la manga de ventilación en el nivel Caira 4 se realizó en la galería ñajuco el sistema de ventilación será óptimo en la mina Huinac.

Tabla 24 — Datos Para Diseñar la Manga de Ventilación

DATOS DE LA MANGA DE VENTILACIÓN		
Item	Descripción	Flujo de Aire Requerido <i>m³/min</i>
01	Flujo de aire	2703.941 m ³ /min
02	Sección de manga	0.357 m ²
03	El flujo de aire total	2703.939 m ³ /min
04	Área de la manga	0.1355 m ²
05	Velocidad en la manga	19865.27 m/min
06	Diámetro de la manga	16 pulg

Los datos para diseñar la manga de ventilación en el nivel Caira 4

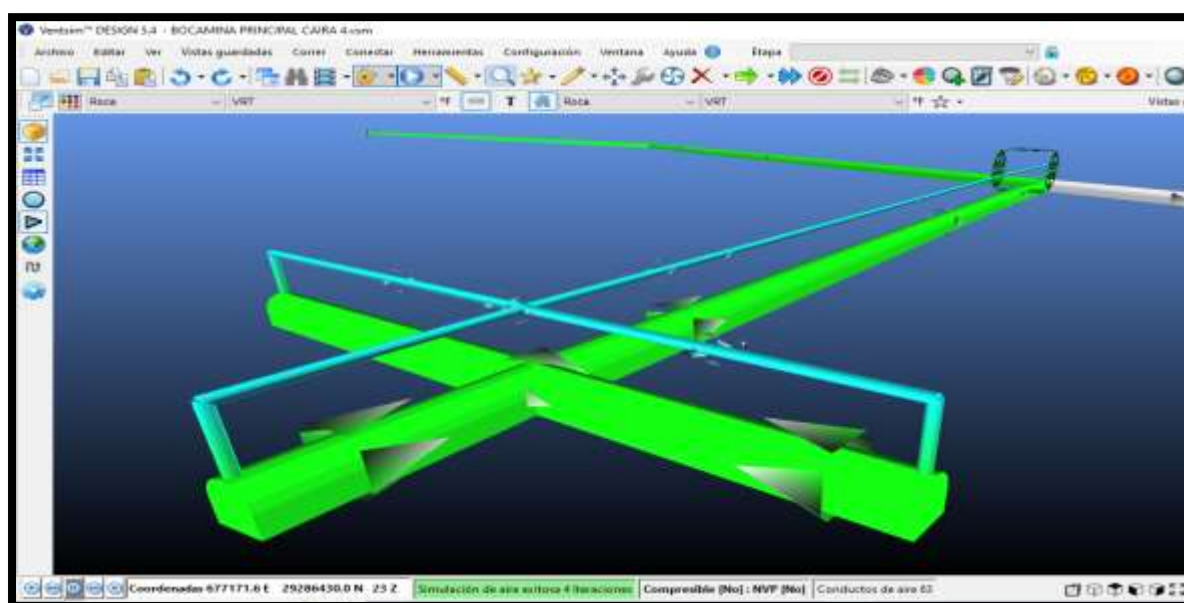


Figura 28 — Diseño de manga de Ventilación

La manga de ventilación es color celeste el caudal de aire 37037.941 m³/min

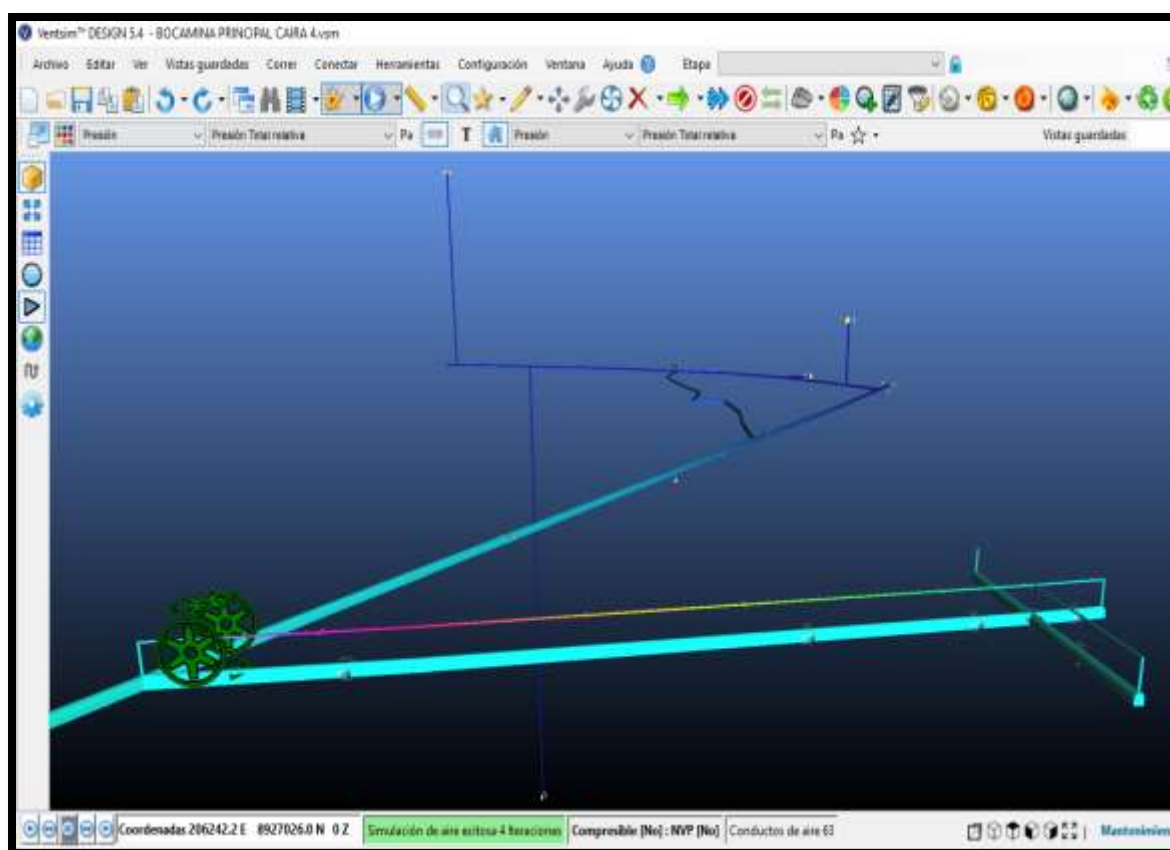


Figura 29 — Diseño de manga de ventilación en el Nivel Caira 4

Se ha diseñado la manga de ventilación en el nivel Caira 4 con una distancia 102.65 m, el tiempo recorrido será 0.31 segundos en la galería ñajuco.

Tabla 25 — El Costo de Manga de Ventilación y Diámetro 32"

Producto	Diámetro	Calidad	Secciones	Precio Unit (USD)	Cantidad	Total, Precio (USD)
Manga de ventilación	32"	TITAN FR-RSX-600Gr/m ²	50,100	12,00	2000	\$24,000.00
Precio stock Lima (USD)						\$24,000.00
						IGV
						\$4,320.00
						TOTAL + IGV
						\$28,320.00

5.1.10 Ingreso de flujo de aire en el nivel 4 y 4.1

El ingreso de flujo de aire fresco se distribuirá con una cantidad de 2703.94 m³/min en las labores, chimeneas, piques, en el nivel Caira 4 y 4.1.

a) El balance general del flujo de aire según los resultados

- Ingreso de aire fresco o limpio 2703,9375m³/min
- Salida de aire viciado 555 m³/min

Tabla 26 — Optimización de Ingreso de Flujo de Aire

OPTIMIZACIÓN DE INGRESO DE FLUJO DE AIRE EN LOS NIVELES 4 Y 4.1			
Descripción de la Galería en el Nivel Caira 4 y 4.1	Flujo de Aire	Flujo de Aire	Distribución
	(m ³ /min)	(cfm)	(%)
Ingreso principal	2703.93	95488.75	30.71
Galería Caira Nv 4	2703.94	95488.75	30.71
Galería Caira Nv 4.1	1872.17	66115	21.27
Galería pirita	448.09	15824	5.1
Galería veta Pierina	318.39	11244	3.62
Galería madrugada Nv 1	193.01	6816	2.19
Galería madrugada Nv 2	118.7	4192	1.35
Pique	166.64	5885	1.89
Chimenea - Cámara	278.92	9850	3.17
Total	2703.93	95488.75	100%

la optimización de flujo de aire que ingresa es 2703.93 m³/min en el nivel Caira 4 y 4.1

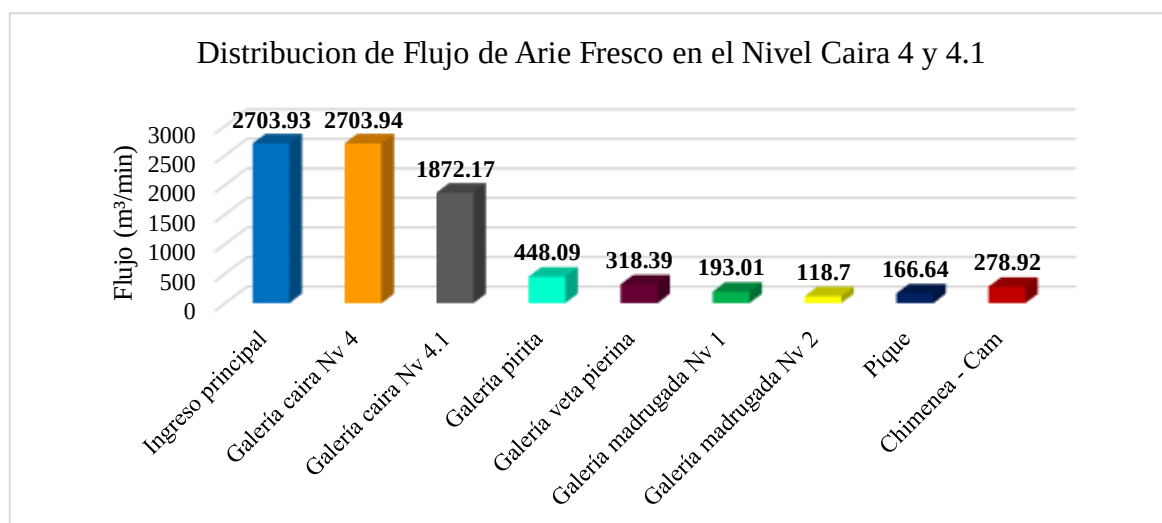


Figura 30 — La Distribución de Flujo de Aire en el Nivel Caira 4 y 4.1

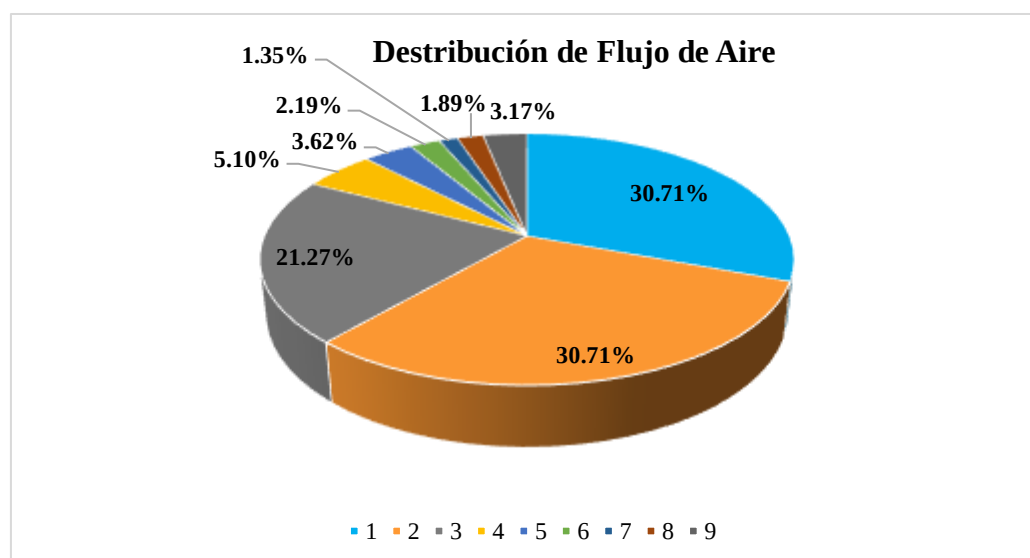


Figura 31 — La Distribución de Flujo de Aire en Porcentaje

5.1.11 Comparación de ingreso de flujo de aire antes y durante de la optimización

La diferencia entre la cantidad de flujo de aire fresco en el nivel Caira 4 y 4.1 utilizada antes donde es (159 m³/min) en la actualidad (2703.93 m³/min) en el circuito de ventilación para optimizar el sistema de ventilación en el interior de la mina.

a) El balance general la diferencia de flujo de aire

Diferencia de flujo de aire 2544.93 m³/min

Tabla 27 — Comparación de Ingreso de Flujo de aire Antes y Durante

COMPARACIÓN DE FLUJO DE AIRE FRESCO EN EL NV 4 Y 4.1 ANTES Y DURANTE								
Descripción			Antes			Durante		
Estación	Ubicación		Velocidad de Aire	Flujo de Aire		Velocidad de Aire	Flujo de Aire	
Elevación	NV	Labor	m/s	m ³ /min	cfm	m/s	m ³ /min	cfm
EV – 1	4	Bocamina	0.38	159	5615.04	0.52	218	7698.60
EV – 2	4.1	Galería Caira	0.28	118	4167.13	0.85	357	12607.35
EV – 3	4.1	Galería Caira	0.29	50	1765.74	1.18	204	7204.20
EV - CH – CAIRA	4.1	Ch - Cam	1.36	117	4131.82	1.56	135	4767.48
TOTAL			2.31	444	15679.73	4.11	914	32277.63

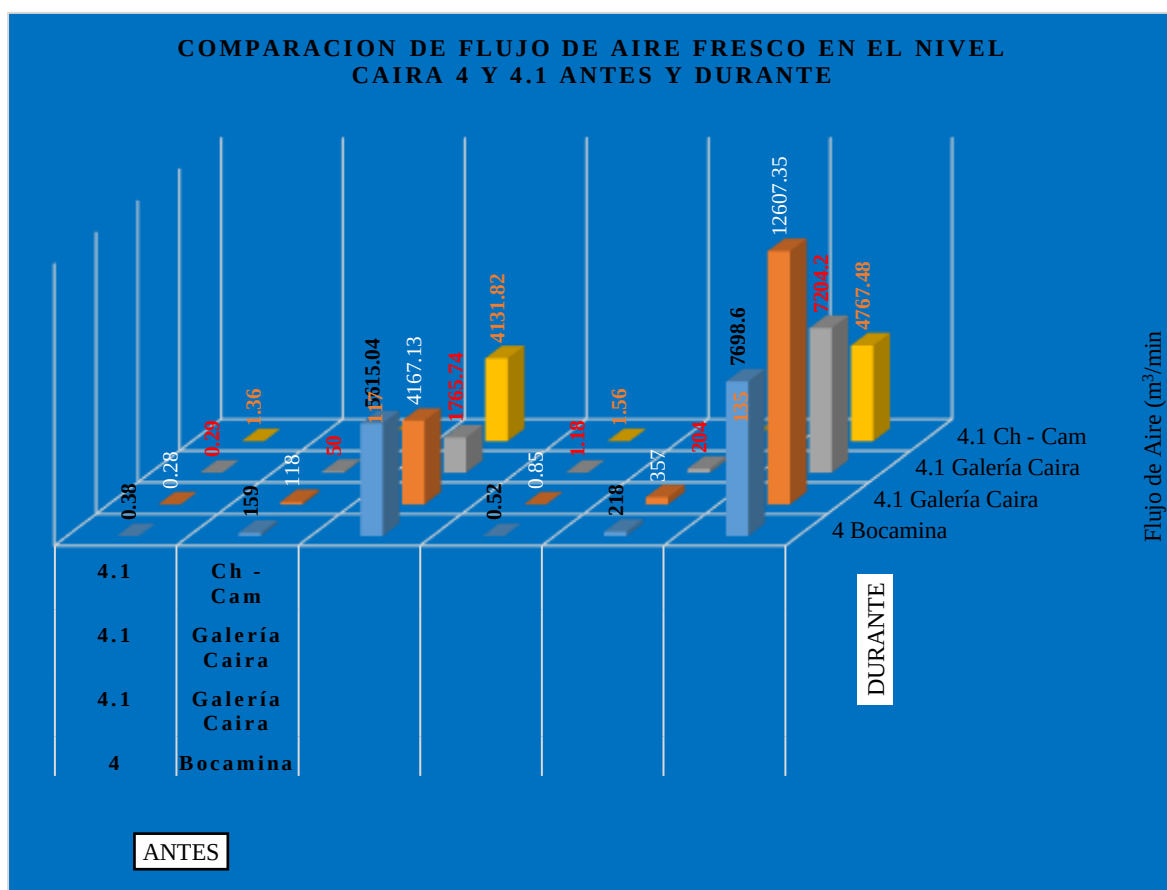


Figura 32 — Análisis de Ingreso de Flujo de Aire Antes y Durante

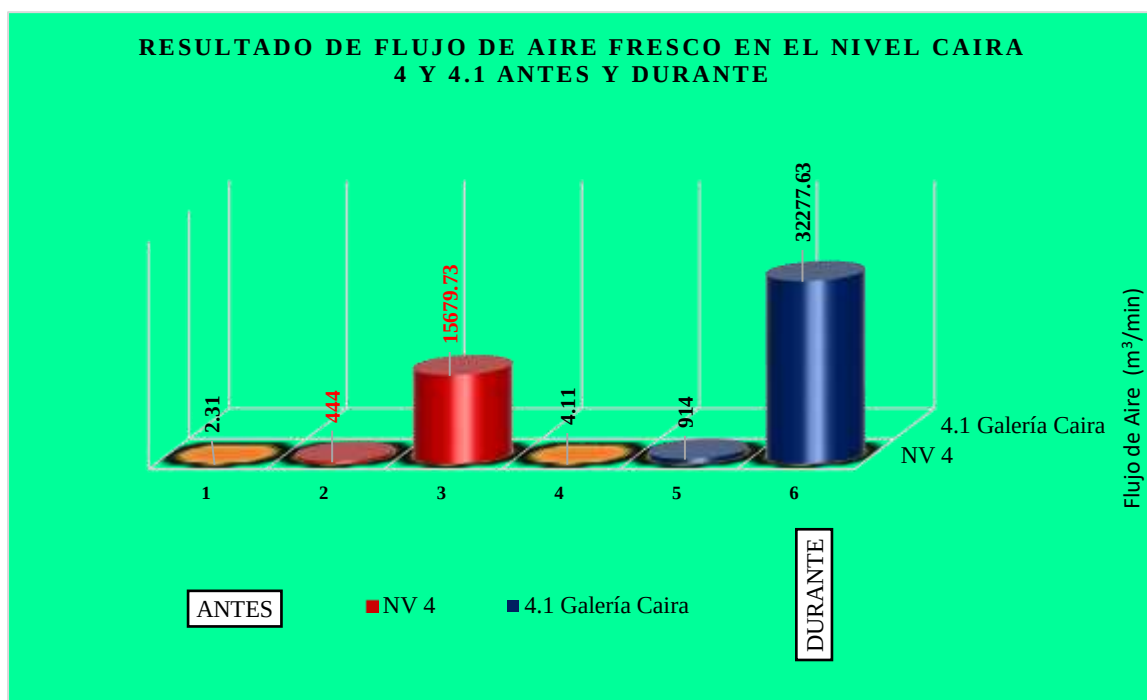


Figura 33 — Análisis de Resultado de Flujo de Aire Antes y Durante

5.1.12 Salida de aire viciado en el nivel Caira 4 y 4.1 antes y durante

La diferencia entre la cantidad de flujo de aire viciado en el nivel Caira 4 y 4.1, anteriormente fue (442 m³/min) y actualmente presenta (555 m³/min) con una diferencia (113 m³/min) en el circuito de ventilación para optimizar el sistema de ventilación.

Tabla 28 — Comparación de Salida de Aire Viciado, Nivel Caira 4 y 4.1

COMPARACIÓN DE AIRE VICIADO ANTES Y DURANTE							
Descripción				Antes		Después	
Ubicación				Flujo de Aire		Flujo de Aire	
Estación	Nivel	Labor	Detalles	m³/min	cfm	m³/min	cfm
ES – 01	4	CH1- PRN SUR	Salida del Tajo 6	5	176.57	257	9075.87
ES – 02	4	Salida del Tajo 1	Salida del Tajo 6	12	423.77	33	1165.38
ES – 03	4	CH2- CAI	Salida del Tajo 1	5	176.57	6	211.88
ES – 04	4	CH3- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	8	282.52	17	600.35
ES – 05	4	CH4- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	10	353.12	22	776.92
ES – 06	4	CH5- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	5	176.57	21	741.61
ES – 07	4.1	CH1- PRN NORT	Salida del Tajo 6 MDR N	9	317.83	22	776.92
ES – 08	4.1	CH2- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	4	141.26	9	317.82
ES – 09	4.1	CH3- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	8	282.52	18	635.66
ES – 10	4.1	CH1- MDR	Salida de los Tajos 5 - 6	6	211.89	26	918.18
ES – 11	4.1	CH2- MDR	Salida del Tajo 5 MDR N	11	388.46	27	953.49
ES – 12	4.1	CH3- MDR	Salida del Tajo 3 MDR S	7	247.20	21	741.61
ES – 13	4.1	CH4- MD	Salida del Tajo 3 MDR S	12	423.77	27	953.5
ES – 14	4.1	CH5- MD	Salida del Tajo 4 MDR S	13	459.09	26	918.18
ES – 15	4.1	CH6- MD	Salida del Tajo 4 MDR S	8	282.52	23	812.24
Total				123	4343.66	555	19,600

Comparación flujo de aire viciado antes 123 m³/min en la actualidad 555m³/min

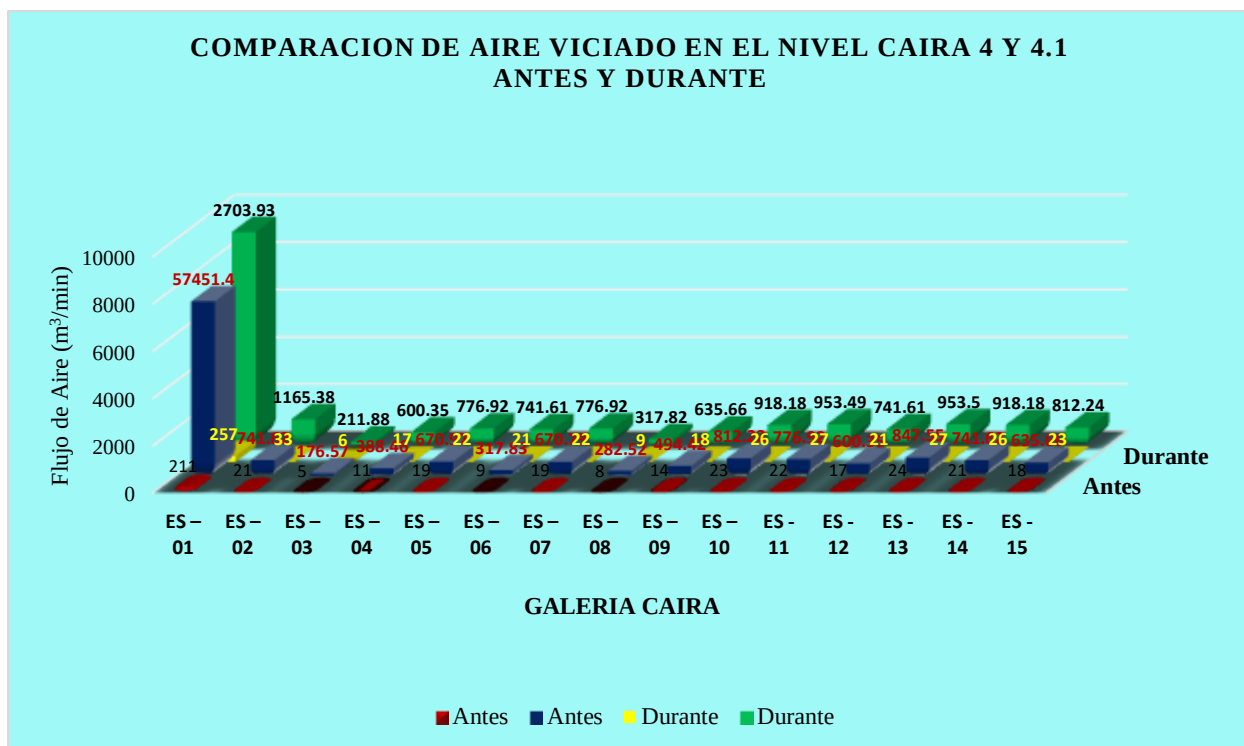


Figura 35 — Salida de Aire Viciado en el Nivel Caira 4 y 4.1 Antes y Durante

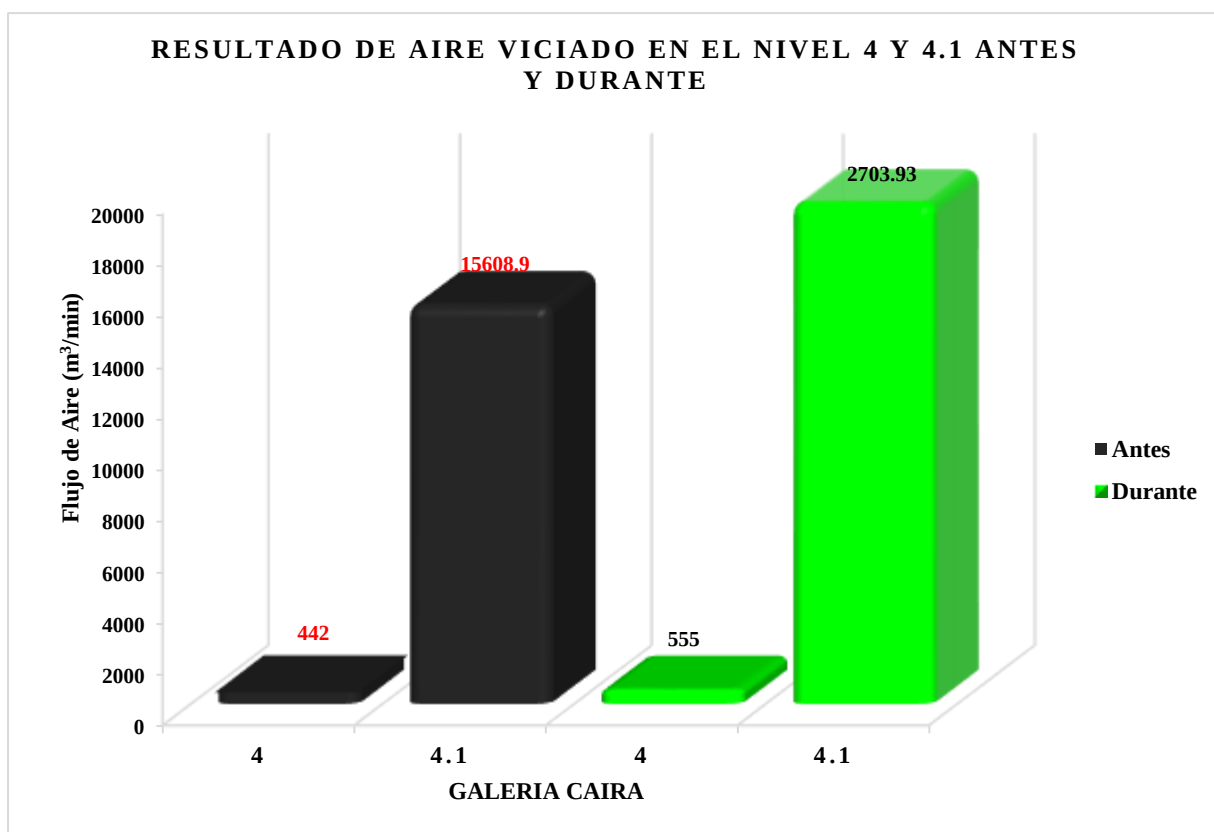


Figura 34 — Análisis de Resultado de Salida de aire Viciado en el Nivel 4 y 4.1

El análisis de comparación en el nivel Caira 4 y 4.1, antes fue el Flujo de aire que ingreso 15608.90 m³/min en la actualidad el flujo de aire es 2703.93 m³/min.

5.1.13 Resultado de balance de flujo de aire optimizando el sistema de ventilación

Tabla 29 — El Análisis de Resultado de Flujo de Aire

APLICANDO EL SOFTWARE VENTSIM			
BALANCE DE FLUJO DE AIRE			
Ítem	Flujo de Aire (Descripción)	Flujo de Aire (m ³ /min)	Flujo de Aire (cfm)
01	Total, el flujo requerido (Q)	2703.938	95488.76
02	Ingreso de aire (Qi)	1008	35597.218
03	Salida de aire (Qs)	555	19599.659
04	Superávit (Q - Qi)	132	4661.54
05	Cubertura (%)	96.55	%
Parámetros de Ventilación			
Ítem	Descripción de Parámetros	Flujo de Aire Requerido (m ³ /min)	Flujo de Aire Requerido (cfm)
01	Flujo total requerido	2703.9375	95488.76
02	Diámetro de manga de ventilación	3 pulga	
03	Velocidad de aire en la galería	386.277	13641.26
04	La sección de la manga	2.8 cm	
05	Velocidad de aire en la manga	9656.92	341031.23
Característica de Temperatura en la Simulación de Medio Ambiente			
Nivel	Labor	Descripción	T°C
4	La mina Huinac	La altura: metros sobre el nivel de mar.	4000 a 4300
4	El grado de temperatura	Temperatura superficie.	15°C
4	La sección de la galería	Bocamina en el nivel Caira 4.	7m ²
4	La temperatura en la Bocamina	Distancia 739.3602m antes de la plataforma en el Nv Caira 4.1.	5.9°C
4.1	La temperatura en Galería Caira	Distancia 332.4323m después de plataforma en el Nv 4.1.	11.2°C
4.1	La densidad interior mina	Densidad de aire	0.72 kg/m ³
4.1	Fracción de la humedad de la roca interior mina	Fracción de la humedad de la roca.	0.6°C
4.1	Gradiente geotérmico interior mina	Gradiente geotérmico.	1.2c a 100m

El análisis de balance de flujo de aire de los cálculos realizados de la entrada y salida de aire.



5.2 Contrastación de hipótesis (si corresponde por tipo de investigación)

La contrastación de hipótesis, es la estrategia fundamental de la observación por una percepción que se hace con un objetivo determinado, “análisis” con un cuerpo de conocimiento de la investigación científica, en las actividades (si una hipótesis es falsa o verdadera).

Hipótesis Nula: la media de sistema de ventilación de mina subterránea para optimizar bajo el soporte del programa ventsim (es igual a la media de requerimiento de aire necesario proyectado)

Hipótesis Alternativa: la media de sistema de ventilación de mina subterránea para optimizar bajo el soporte del software ventsim (es mayor a la media de requerimiento de aire necesario proyectado).

El presente de trabajo de investigación tiene como objetivo en la minería moderna, una mejor productividad, el uso de las tecnologías como por ejemplo la investigación de campo, diseño de sistemas de ventilación de la mina, extracción de recursos entre otros, y también la actividad minera se ha convertido en una actividad altamente tecnificada en las minas subterráneas para esto sea ha propuesto resolver un problema principal que se presenta en la mina Huinac.

Primero: Realizar un diagnóstico de sistema de ventilación en la mina Huinac, dar a conocer que la empresa Huinac trabaja con un sistema de ventilación natural no es suficiente el caudal de aire, para lo cual sea evaluación el ingreso de aire y salida de aire viciado, en la legislación peruana existen normas de cuidar el medio ambiente en las empresas mineras la contaminación está por encima de límite máximo permisible (LMP) y no está cumpliendo con las normas establecido en el sistema de ventilación.

Segundo: Se ha determinado el flujo de aire necesario tanto para el personal, equipos diésel, consumo de maderas, explosivos y la dilución de gases generado por la voladura en operación mina, se ha realizado los cálculos de flujo de aire en cfm, para mejorar el sistema de ventilación de cantidad y calidad.

Tercero: la optimización del sistema de ventilación para su distribución de caudal de aire en el circuito de ventilación de manera eficiente.

Cuarto: con la implementación del software ventsim para diseñar el circuito de ventilación, simulación del sistema de ventilación en los conductos de las galerías.

Quinto: se ha realizado la simulación del sistema de ventilación con el software ventsim, la cual tiene como fin la circulación del flujo aire a través de las galerías en el frente de trabajo de operación, el cual debe tener un caudal de aire suficiente para los trabajadores y que no tenga ninguna dificultad en el interior de la mina.

5.3 Discusión

De acuerdo con Vera (2019), menciona en su tesis: “Implementación y simulación del sistema de ventilación con el software ventsim visual en la Mina San Valentín S.A. – Curahuasi – Apurímac –



2019” guardan relación con respecto de sistema de ventilación aplicando el software ventsim debido que la empresa desea implementar el software ventsim para optimizar el sistema de ventilación mediante la evaluación de la cobertura de aire en las labores mineras, el flujo de aire natural es 4237,760 cfm., estudio de investigación se requieren un caudal de 21000 cfm.

En nuestro caso en la investigación de estudio desea implementar el software ventsim para optimizar el flujo de aire necesario en el circuito de ventilación, un flujo de aire natural es 163.15 cfm., el estudio realizado de los cálculos del flujo de aire es 2703.9375 cfm., para suministrar el aire limpio. De acuerdo con Viza (2017), menciona en su tesis “Diseño y Simulación de Red de Ventilación con el Software ventsim Visual en la Unidad Minera San Rafael Minsur S.A.” el estudio realizado es desarrollar el diseño y simulación red de ventilación efectiva con el software Ventsim visual cumpliendo la cobertura de aire con los equipos ventiladores en el proceso productivo de mina haciendo el uso del Software Ventsim Visual en la unidad minera San Rafael de la empresa minera Minsur S.A. el resultado Una vez ingresado los 54 ventiladores se ha llegado a determinar una deficiencia como ya en el diagnostico se había determinado. La simulación nos da un resultado de 584,2 m³/s equivalente a 1 237 849 cfm. En el caso de nuestra investigación de estudio es implementación del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz, determinar el flujo de aire necesario en el circuito de ventilación, diseño de circuito, simulación de red de ventilación, con una cantidad de flujo de aire 2703.9375 cfm.

En cuando el resultado del sistema de ventilación para optimizar el circuito de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac en la empresa minera Huinac S.A.C.; se determinó un diseño de circuito de ventilación, la simulación y modelamiento con el Software ventsim, el ingreso de flujo de aire es 2703.938 m³/min y la cobertura de caudal es 96.55%, la salida de aire viciado 555 m³/min con una temperatura adecuada, la curva de resistencia total del ventilador excluyendo los conductos de ventilador en cada nivel, disminuir la dilución de gases viciados con el uso de simulación en el sistema de ventilación el modelamiento red de ventilación, la seguridad de sistema de ventilación en minas subterráneas, de acuerdo al D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2016-EM, debe ser el caudal aire fresco de calidad y cantidad.

En cuando el Análisis del sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac, se muestra los cálculos y los resultados el diseño de circuito de ventilación y la manga de ventilación, el ventilador principal, la cantidad de aire fresco o limpio, la dilución de gases viciados, el ingreso de aire y la salida de aire viciado, el costo de ventilación mecanizada, diseño y modelamiento, los factores más importantes en la seguridad del personal y equipos, el requerimiento de flujo de aire fresco total es 2703.938 m³/min, en las (labores, galerías, chimeneas, piques) utilizando con el software ventsim, optimizando el sistema de ventilación en la mina subterránea.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se determino el flujo de aire de $2703.938 \text{ m}^3/\text{min}$ y la velocidad de aire $386.277 \text{ m}^3/\text{min}$ que nos determina el ventsim, optimiza claramente el sistema de flujo de aire, lográndose una salida de aire viciado $555 \text{ m}^3/\text{min}$ en la mina Huinac.
- El diseño actual del circuito de ventilación a sido el flujo de aire optimo como resultado que el aire que ingresa con un volumen $2703.938 \text{ m}^3/\text{min}$ de superficie exterior con la dirección de las labores, galería, piques, chimeneas, la ubicación de los ventiladores, con una velocidad $386.277 \text{ m}^3/\text{min}$ de aire, se logra realizar la simulación con el software ventsim en el nivel Caira 4 y 4.1 la salida de aire viciado $555 \text{ m}^3/\text{min}$ se han expulsado del interior mina.
- La data con las curvas características que nos arroja el software nos sugiere un ventilador axial de alta precisión para cada ángulo de los alabes el factor de altitud 0.74752819 , la presión $5.26 \text{ H}_2\text{O}$ el caudal de aire 5000 a $50,0000 \text{ cfm}$, por ende, como resultado que la potencia es 7.10 HP del ventilador, la presión total $3.93 \text{ H}_2\text{O}$ con la simulación ventsim se logra optimizar el flujo de aire tanto en la entrada como en la salida.
- El diseño actual de la manga de ventilación influye por el flujo de aire $377.582 \text{ m}^3/\text{min}$ para optimizar el sistema de ventilación en la galería ñajuco, con un ventilador auxiliar que ingresa el aire fresco optimo con la velocidad de aire $4.61 \text{ m}/\text{min}$ será ventilada en el interior de la mina.



6.2 Recomendaciones

- Se recomienda mejorar el sistema de ventilación utilizando el software ventsim y otros, teniendo como referencia los resultados obtenidos en el circuito de ventilación y la cobertura de caudal de aire 96.55 %, para optimizar el sistema de ventilación debe ser el flujo de aire de calidad y cantidad para suministrar el aire fresco o limpio en el interior de la mina, monitorear y controlado constantemente el flujo de aire en forma continua.
- Se recomienda diseñar el circuito de ventilación aplicando el software ventsim de forma general en la mina Huinac, para analizar el sistema de financiero, los ventiladores mecánicos entre otros, ya que existen gases contaminantes por uso de explosivos que propagan en las labores y galerías en la empresa minera Huinac.
- Se recomienda ventilador mecanizada por la profundización de la mina y buscar nuevas estrategias, para reducir las concentraciones de gases en el interior de los baboros, galerías y también establecer cortinas, compuertas, ventanas, tapones, sumamente necesaria para evitar el aire viciado dentro de la mina.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Ramirez y Fuentes.** *"Modelamiento del sistema de ventilación y control de Metano con el simulador "ventsin" tm en la mina subterránea de carbón fezmine, Polonia".(Tesis de grado),Universidad de Concepción de Chile, Consulta: 16 de Mayo del 2023. Repositorio Dspace, s.l. : 2019.*
2. **Núñez y Valarezo.** *"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".(Tesis de grado), Universidad del Azuay, Consulta: 16 de Mayo del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2020.*
3. **Rivera Abello, Gersson Alberto.** *"Análisis del circuito de ventilación mediante simulación con ventsim de una mina subterránea de carbón artesanal en la Provincia de Arauco, Región del Biobío". (Tesis de Grado), Universidad de Concepción, Chile. Consulta 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2020.*
4. **Leiva Bustamante, Brayan Antonio.** *"Sistema de Ventilación para una Mina Caving Mediante Inteligencia Artificial", (Tesis de grado), Universidad de Talca, Chile, Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2020.*
5. **Castillo Aranguren, Daniel Ricardo.** *"Evaluación del Sistema de Ventilacion de la Mina Robles". (Tesis de Grado), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia. Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2017.*
6. **Herrera Herbert, Juan.** *"Ventilacion en la minas subterraneas". (Investigador), Universidad Politécnica de Madrid, Consulta: 25 de Abril del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2019.*
7. **Villalba Pinto, Mauro David.** *"Diseño del Circuito de Ventilación de la mina Bonanza, Operada por la Empresa Exportadora Aurífera S.A, Expansa, Ubicada en el Distrito Minero Ponce Enríquez ", (Tesis de Grado), Universidad Central del Ecuador, Ecuador. Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2017.*
8. **Vera Warthon, Enslin René.** *"Implementación y simulación del sistema de ventilación con el software ventsim visual en la Mina San Valentín S.A.– Curahuasi – Apurímac - 2019". (Tesis de grado), Universida Nacinal Micaela Bastidas Apurimac, Consulta: 16 de Mayo del 2023. Repositorio institucional, s.l. : 2019.*



9. **Raico Tasilla, Alexander.** *"Evaluación y optimización del sistema de ventilación del túnel de exploración Chaquicocha nivel 3750 - minera Yanacocha, 2018". (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Consulta: 16 de Mayo del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2019.*
10. **Viza Torres, Ronald.** *"Diseño y simulación de red de ventilación con el software Ventsim visual en la unidad minera San Rafael Minsur S.A.". (Tesis de grado), Universidad Nacional Del Altiplano, Perú. Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institución, s.l. : 2017.*
11. **Vargas Lloclla, Victor.** *"Propuesta técnica económica de mejora para el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea - Cobriza 2020". (Tesis de Grado), Universidad Continental, Perú. Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional Continental, s.l. : 2020.*
12. **Portilla y Velarde, Renzo.** *"Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica - 2015". (Tesis de Grado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2015.*
13. **Diaz Flores, 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 de Grado), Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Consulta: 26 de Julio del 2023. Repositorio Latinoamericanos, s.l. : 2019.*
14. **Huamaní Bendezú, Juan Misoli.** *"Mejoramiento del sistema de ventilación subterránea de la Mina Condor IV, Minera El Palacio del Cóndor S.A.C.". (Tesis de Grado), Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú. Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2020.*
15. **Liñán Ramirez, Luis Fortunato.** *"Flujo de aire para mejorar la ventilación en las labores mineras subterráneas en minera Huinac S.A.C. - año 2021", (Tesis de grado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Consulta 16 de Mayo del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2021.*
16. **Guillén Huayta, Mainshe.** *"Diseño e instalación de ventilación para los laboratorios de cobre y zinc para la compañía minera Antamina en Huarmey -Ancash". (Tesis de Grado), Universidad Nacional del Callao, Consulta: 25 de Julio del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2018.*
17. **Álvarez, Pedro.** *"Clasificación fisiografica del terreno a partir de la inclusion de nuevos elementos conceptuales". (Investigador) Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC, Consulta: 05 de Mayo del 2023. International Journal of Good, s.l. : 2011.*



18. **Santos Polo, Alan Humberto.** *"Geocronología en la contrastación de la evolución espacial-temporal del magmatismo y la metalogenia del Batolito de la Costa "(Investigador), Sociedad Geológica del Perú - SGP,Consulta: 24 de Julio del 2023. Institucion, s.l. : 2016.*
19. **Rivas Cárdenas, Daniel.** *"El clima, caracteres, causas, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica".(Maestria), Universidad Nacional de Educacion, Enrique Guuzmán de Valle, Consulta: 17 de Mayo del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2018.*
20. **Rick, Brake.** *"Software Ventsim Design® Versión".(Howden), Manual del Software Ventsim, Consulta: 25 de Noviembre del 2022. Institucional del Software Ventsim, s.l. : 2021.*
21. **Maguiña Espiritu, José Alberto.** *"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".(Grado de Titulo), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Institucional, s.l. : 2018.*
22. **Velarde Macukachi, Pier.** *"Propuesta Técnica de Mejora del Sistema de Ventilación Principal de una Operación Minera Subterránea Polimetálica - 2015". (Tesis de Gradro), Universidad Católica del Perú, Perú. Consulta: 26 de mayo del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2018.*
23. **Kirchhoff, Gustav Robert.** *"Leyes de Kirchhoff, está denominación a la ingeniería eléctrica". (Cientifico Investigador), Universidad de Königsberg, Berlín. Consulta: 25 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 1824-1887.*
24. **Celsius, Anders.** *"Es Reconocido por idear una escala de temperatura centígrada". (Investigador Cientifico), Universidad de Upsala, Alemán. Consulta: 21 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 1701-1744.*
25. **Gómez, S.** *"Tipo de Metodologia de Investigacion y Conceptos". (Investigador), Universidad Naval, Semar. Consulta: 23 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 2016.*
26. **Condori, Ojeda. Porfirio.** *"Metodologia de Nivel de Investigacion de Metodos de Curso de Taller". (Investigador), Académica de proyecto de Investigacion, Consulta: 25 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 2005.*
27. **Abreu, J. Luis.** *"El Diseño de Investigación y objetivos y fundamentos en las bases teóricas". (Investigador) Académica de proyecto de Investigacion, Consulta: 05 de Mayo del 2023. International Journal of Good, s.l. : 2012.*



28. **Vizcarra, Raul.** *"Empresa Minera Huinac S.A.C."(Polimetalica), Huaraz, Region - Ancash.Consulta 16 de Mayo del 2023.* Institucional, s.l. : 2022.
29. **Huinac S.A.C., Huaraz.** *"Empresa Minera Huinac S.A.C."(Polimetalica), Huaraz, Region - Ancash.Consulta: 16 de Mayo del 2023.* Institucional, s.l. : 2022.
30. **Valarezo Vlacio, Paul.** *"Diseño del sistema de ventilación en la concesión minera Cebral,El Oro".(Tesis de Grado),Universidad del Azuay,Consulta: 25 de Noviembre del 2022.* Repositorio Institucional, s.l. : 2020.
31. **Herrera Herbert, Juan.** *"Proceso de Implementación de un Programa Oficial", (Progrado), Universidad de Alacant- Europa,Consulta: 12 de Mayo del 2023.* Institucional, s.l. : 2006.
32. **Llanos Puga, César Manuel.** *"Análisis de la composición química del material particulado fino en el aire ambiental". (Tesis de grado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Consulta: 20 de Enero del 2023.* Repositorio Nacional, s.l. : 2017.
33. **Andres, Porta.** *"Calidad del aire Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública". (Investigador y coordinador), Universidad de la Planta. Consula: 15 de Marzo del 2023.* Institucional de Educación, s.l. : 2018.
34. **Atalaya J, W.** *"Diseño de un sistema de ventilación para reducir gases tóxicos en la mina subterránea Nazareno, Cajamarca, 2022". (Tesis de grado), Universida Privada de Norte, Consulta 25 de Mayo del 2023.* Repositorio Institucional, s.l. : 2022.
35. **Padilla, Languré.** *"Normasde Bioseguridad del Personal de Enfermería en una Institución Hopetalaria". (Investigador), Universidad de Sonora. Consula: 23 de Marzo del 2023.* Institucional Biotecnia, s.l. : 2012.
36. **Soto y Sarabia.** *"Psicrometría aplicada a la climatización. Bases teóricas y problemas". (Tesis de Grado), Universidad Politécnica de Valencia, Consuta: 25 de Marzo del 2023.* Repositorio Institucional UPN, s.l. : 2018.
37. **Eliexer, Pérez.** *"Temperatura y Calor, Concepto Básicos en los Textos de Física en la Educacion Media General".(Investigador), Universidad de Carabobo, Consulta: 25 de Marzo del 2023.* Institucional de Educacion, s.l. : 2016.



38. **Kirchhoff, Gustav Robert.** *"Leyes de Kirchhoff, probablemente esta denominación es más común en el caso de las Leyes de Kirchhoff de la ingeniería eléctrica".* (Científico Investigador), Universidad de Königsberg, Berlín. Consulta: 25 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 1824-1887.
39. **Darcy-Weisbach.** *"La pérdida de carga hidráulica o pérdida de presión, la velocidad el flujo".* (Investigador Científico), Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, Consulta: 22 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 1845.
40. **Carlos Yabar, Baños.** *"Sistema de mitigación de polvo de mineral de hierro en la planta chancadora del área San Nicolás - Marcona".* (Tesis de grado), Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. Consulta: 22 de Abril del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2020.
41. **Niño Castro, Walter Orlando.** *"Influencia de la Ventilación Forzada en el Dimensionamiento en Sistema de Ventilación de la Mina Limpe Centro-Minera Iscaycruz".* (Tesis de Grado), Universidad Nacional del Santa, Consulta: 25 de Abril del 2023. Repositorio Institucional, s.l. : 2015.
42. **Ginebra, R.L.** *"La Prevención y la suspensión del Polvo en la Mina, los Túneles y las Canteras".* (Investigar Internacional), Prevención de Polvo en la Minas, Perú. Consulta: 28 de Abril del 2023. Institucional, s.l. : 1965.
43. **Maldonado, E y J, Javier.** *"La Ética en la investigación educativa el sistema de investigación".* (Investigador) Universidad Estatal Península de Santa Elena La Libertad, Consulta: 02 de Mayo del 2023. Institucional, s.l. : 2018.



ANEXOS



Anexo N°1 — MATRIZ DE CONSISTENCIA

“IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE VENTSIM PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL NIVEL CAIRA 4 DE LA MINA HUINA HUARAZ – 2023”						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cómo implementar el software ventsim para ajustar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz - 2023? Problemas específicos ¿Cuál es el flujo de aire necesario para implementar el software ventsim en el sistema de ventilación de la mina Huinac Huaraz - 2023? ¿Como analizar los estándares de ventilación para optimizar el sistema de ventilación de la mina Huinac Huaraz – 2023? ¿Cuál es el diseño de circuito de ventilación optimo con la aplicación del software ventsim de la mina Huinac Huaraz – 2023?	Objetivo general Implementar el software ventsim para ajustar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023. Objetivos específicos Determinar el flujo de aire necesario para implementar y optimizar en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023. Analizar los estándares de ventilación para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023. Diseñar el circuito de ventilación optimo con la aplicación del software ventsim en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.	Hipótesis general La implementación del software ventsim influye para ajustar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023. Hipótesis específicas El flujo de aire necesario será eficiente con la implementar del software ventsim y optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023. Los estándares determinados de ventilación cumplirán en el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023. El diseño de circuito de ventilación, con la aplicación del software ventsim será optimo en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz – 2023.	Independiente implementación del software ventsim Dependiente optimización del sistema de ventilación	Simulación Modelos dinámicos Analizar Optimizar Estándares de ventilación Diseño Equipos de ventilación	Aire fresco (m³/min) Simulación en 3D (Versión 5.4) Caudal de aire (m³/min.) Tiempo de ventilación (horas) • Velocidad de aire (m/seg) • Medición de flujo de aire (m³/min) • Potencia de ventiladores (kw) Circuito de ventilación (m³/min)) • Control de aire (ppm) • Temperatura (°c) • Gases presentes (ppm) • Oxígeno (%)	Tipo de investigación La investigación es cuantitativo y aplicada para identificar la calidad de aire y las condiciones de circuito de ventilación. Nivel de investigación El nivel de investigación es descriptivo tiene como finalidad estudiar de cada uno de las áreas para determinar el flujo de aire. Diseño de la investigación El diseño de investigación no experimental – descriptivo se trata de un estudio estratégico la recolección de datos y diseños. Población La población para este trabajo de investigación estará constituida por las personas involucradas en la extracción de operación minera de la mina Huinac. Muestra La muestra está determinada y constituida por las labores de producción, preparación y desarrollo donde se realiza la medición de flujo de aire en la mina Huinac. Técnica e instrumentos Las técnicas de investigación son muy importantes se hace mediante un procedimiento de actividades y aplicará la técnica.

Anexo N°2— Derecho Minero de la Empresa Minera Huinac S.A.C.

RESUMEN DEL DERECHO MINERO

 RESUMEN DEL DERECHO MINERO DE LA EMPRESA MINERA HUINAC S.A.C.					
Datos Generales					
Código	10113301	Nombre	LINGO IV		
Fecha de Formulación	5/11/2001	Situación	VIGENTE		
Procedimiento	TITULADO(CONCESION)	Tipo	PETITORIO (D.LEG. 708)		
Has. Formuladas	200	Sustancia	METALICA		
Has. Rectificadas		Has. Formadas			
Has. Reducidas		Has. Disponibles			
Titular referencial					
<u>Tipo</u>	<u>Nombre de Razón Social</u>	<u>Dirección</u>	<u>% Participación</u>		
JURIDICO	MINERA HUINAC S.A.C.		100		
Demarcaciones					
<u>Departamento</u>	<u>Provincia</u>	<u>Distrito</u>			
ANCASH	HUARAZ	LA LIBERTAD			
ANCASH	AJJA	CORIS			
ANCASH	AJJA	LA MERCED			
Cartas					
<u>Código</u>	<u>Dirección</u>	<u>Zona UTM</u>			
20-H	Huaraz	18			
Coordenadas UTM PSAD56			Coordenadas WGS84		
<u>Vértice</u>	<u>Norte</u>	<u>Este</u>	<u>Norte</u>	<u>Este</u>	
1	8,929,000.00	205,000.00	8,928,633.72	204,773.95	
2	8,927,000.00	205,000.00	8,926,633.71	204,773.96	
3	8,927,000.00	204,000.00	8,926,633.71	203,773.97	
4	8,929,000.00	204,000.00	8,928,633.72	203,773.95	
Pagos					
<u>Nro. Recibo</u>	<u>Monto</u>	<u>Fecha de Pago</u>	<u>Nro. Cuenta</u>	<u>Banco</u>	<u>Concepto</u>
39881	S/ 300.00	30/10/2001	CAJA	CAJA	Tramite
050 0700016	US \$/ 200.00	30/10/2001	70361884426	SCOTIABANK PERÚ S.A.A.	Vigencia
Resoluciones					
<u>Nro. Resolución</u>	<u>Fec. Resolución</u>	<u>Decisión</u>		<u>Plazo</u>	
01046-2002-INACC/J	18/06/2002	CONCESION MINERA		15 días	
OCM	2/04/2002	ADVIERTE EXISTENCIA DE PRIORITARIOS		0 días	
OCM	2/04/2002	EXPIDASE LOS CARTELES		30 días	
OCM	2/04/2002	RECTIFICACION - DATOS DE LA HOJA IGN / ZONA / 0 días ESCALA			
OCM	2/04/2002	TENGASE PRESENTE 0 días			
00000-2002-OCM	10/01/2002	PONGASE EN CONOCIMIENTO 0 días			
00000-2002-OCM	10/01/2002	RECTIFICACION - DATOS DE LA HOJA IGN / ZONA / 0 días ESCALA			

Anexo N°3 — Fotográficos de entrada, al interior de la mina



Figura 36 — Fotografía de la Bocamina en el Nivel Caira 4 de la Mina Huinac

Anexo N°4 — Estudios realizado de sistema de ventilación de ingreso y salida en el nivel Caira 4 y 4.1

El ingreso de aire en el nivel 4 se tomó los datos de ingreso, la trayectoria de la galería Caira y la galería ñajuco con una estación que está en el nivel 4.1, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 30 — El Ingreso de Aire en el nivel 4

Estación	Ubicación			Velocidad (m/s)						Horas	Cond Amb	Sección		Área	Velocidad			Flujo de Aire	Distribución
	NV	Labor	Descripción	V1	V2	V3	V4	V5	V6		T°C	A (m)	H (m)	m²	m/s	m/min	m³/min	cfm	(%)
EV-1	4	Boca mina	739.3602m antes de la plataforma Nv 4.1	0.62	0.49	0.68	0.53	0.59	0.61	09:30	19.50	2.50	2.80	7	0.52	31	217	7663,2899	49.60%
EV-2	4.1	Galería Caira	332.4323m después de la plataforma Nv 4.1	0.86	0.82	0.97	0.99	0.85	0.89	09:45	18.20	2.30	2.50	5.75	0.85	51	293	10347.2071	50.40%
Total, Ingreso de Aire																	510	18010.497	100%

Tabla 31 — El Ingreso de Aire en el Nivel 4.1

Estación	Ubicación			Velocidad (m/s)						Horas	Cond Amb	Sección		Área	Velocidad		Flujo de Aire		Distribución
	NV	Labor	Descripción	V1	V2	V3	V4	V5	V6		T°C	A m	H m	m²	m/s	m/min	m³/min	cfm	(%)
EV - 02	4.1	Galería Caira	235.7720m antes de la plataforma de Nv 4	1.62	1.39	1.49	1.32	1.36	0.89	10:00	15.6	2.3	2.5	2.75	1.18	70	404	14267,13	75.40%
EV -CH - CAIRA	4.1	CH-CAM Caira	269.6356m después de la plataforma en el Nv - 4.1 con el cruce madrugada Nv 1	1.42	1.31	1.36	1.50	1.72	1.83	10:15	12.5	1.2	0.7	0.84	1.56	94	79	2789,86	24.60%
Total, de Ingreso de Aire																	498	1756.99	100%

El ingreso de aire en el nivel 4.1 se tomó los datos de ingreso en la trayectoria de la galería Caira 4.1 que conecta con la galería madrugada Nv 1 y la galería madrugada Nv 2 con la dirección pique, con el cruce con la galería Pierina está en el nivel 4.1.

Tabla 32 — Salida de aire en el nivel 4 y 4.1

Estación	Ubicación			Velocidad (m/s)						Horas	Cond Amb T°C	Sección		Área m²	Velocidad		Flujo de Aire		Distribución (%)
	NV	labor	Detalles	V1	V2	V3	V4	V5	V6			A m	H m		m/s	m/min	m³/min	cfm	
ES - 01	4	CH1- PRN SUR	Salida del Tajo 6	0.79	0.62	0.82	0.69	0.75	0.63	09:08:00	14.2	0.75	0.7	0.53	0.81	49	257	9075.87	7.80%
ES - 02	4	Salida del Tajo 1	Salida del Tajo 6	1.34	1.35	1.39	1.36	1.38	1.37	09:15:00	17.3	0.8	0.5	0.4	1.39	83	33	1165.38	7.50%
ES - 03	4	CH2- CAI	Salida del Tajo 1	0.52	0.38	0.52	0.55	0.63	0.55	09:25:00	16.5	0.6	0.6	0.36	0.27	16	6	211.88	3.70%
ES - 04	4	CH3- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.53	0.68	0.62	0.67	0.75	0.72	09:36:00	15.6	0.5	0.9	0.45	0.62	37	17	600.35	5.70%
ES - 05	4	CH4- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.35	0.38	0.41	0.48	0.51	0.57	09:42:00	18.4	0.8	0.9	0.72	0.52	31	22	776.92	6.20%
ES - 06	4	CH5- PRN SUR	Salida del Tajo 4- 5	0.75	0.72	0.93	0.85	0.89	0.88	09:48:00	17.8	0.7	0.6	0.42	0.85	51	21	741.61	8.00%
ES - 07	4.1	CH1- PRN NORT	Salida del Tajo 6 MDR N.	0.91	0.86	0.88	0.89	0.93	0.91	09:56:00	18.2	0.7	0.5	0.35	1.03	62	22	776.92	7.30%
ES - 08	4.1	CH2- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	0.30	0.42	0.35	0.41	0.40	0.46	10:05:00	18.6	0.8	0.9	0.72	0.22	13	9	317.82	5.50%
ES - 09	4.1	CH3- PRN NORT	Salida del Tajo 1 PRN N	0.85	0.77	0.95	0.91	0.78	0.97	10:11:00	16.5	0.8	0.6	0.48	0.61	37	18	635.66	7.10%
ES - 10	41	CH1- MDR	Salida de los Tajos 5 - 6 MDR	0.69	0.52	0.79	0.86	0.76	0.83	10:18:00	17.7	0.7	0.8	0.6	0.76	46	26	918.18	8.30%
ES - 11	4.1	CH2- MDR	Salida del Tajo 5 MDR N	0.668	0.68	0.74	0.75	0.59	0.67	10:25:00	18.2	0.7	0.6	0.48	0.75	45	27	953.49	6.40%
ES - 12	4.1	CH3- MDR	Salida del Tajo 3 MDR S	0.59	0.76	0.68	0.73	0.58	0.74	10:31:00	17.3	0.8	0.9	0.72	0.49	29	21	741.61	8.60%
ES - 13	4.1	CH4- MD	Salida del Tajo 3 MDR S	0.57	0.79	0.61	0.52	0.69	0.81	10:37:00	16.9	0.8	0.7	0.6	0.82	49	27	953.50	8.40%
ES - 14	4.1	CH5- MD	Salida del Tajo 4 MDR S	0.59	0.80	0.78	0.82	0.86	0.73	10:46:00	19.3	0.8	0.6	0.62	0.92	55	26	918.18	5.20%
ES - 15	4.1	CH6- MD	Salida del Tajo 4 MDR S	0.62	0.68	0.52	0.54	0.77	0.42	10:57:00	19.4	0.9	0.7	0.69	0.62	37	23	812.24	4.30%
Total																	555	19,600	100%

La salida de aire en el nivel 4 y 4.1 se tomó los datos de salida de aire viciado en la trayectoria de la galería Caira que conecta con la galería madrugada Nv 1 y madrugada Nv 2 con la dirección pique, con el cruce con la galería Pierina.

Tabla 33 — Datos de las Curvas Características, Presión Total y Potencia

CURVA DE PRESIÓN TOTAL													
Curva 1		Curva 2		Curva 3		Curva 4		Curva 5		Curva 6		Curva 7	
kcfm	in. w.g	kcfm	in. w.g	kcfm	in. w.g	kcfm	in. w.g	kcfm	in. w.g	kcfm	in. w.g	kcfm	in. w.g
101.16	8.90	127.17	10.02	150.58	10.93	186.99	11.25	220.81	11.58	251.16	11.90	290.17	12.16
115.03	8.25	141.91	9.41	164.45	10.60	200.00	10.85	237.28	11.14	260.69	11.79	304.91	12.08
123.70	7.27	155.78	8.50	174.86	10.06	228.61	9.55	253.76	10.60	271.97	11.54	320.52	11.76
134.97	6.01	170.52	7.09	187.86	9.26	242.49	8.61	266.76	10.02	284.97	11.25	340.46	11.25
145.38	4.59	185.26	5.39	200.87	8.25	253.76	7.81	279.77	9.22	298.84	10.74	355.20	10.67
152.31	3.15	197.40	3.58	215.61	6.98	265.90	6.69	290.17	8.54	315.32	10.02	369.08	9.88
157.51	2.03	204.34	2.28	228.61	5.50	274.57	5.82	301.45	7.67	332.66	9.04	389.02	8.68
160.98	1.09	212.14	1.19	242.49	3.73	286.71	4.59	313.58	6.73	344.80	8.14	409.83	7.20
164.45	0.33	214.74	0.47	249.42	2.60	292.77	3.73	324.86	5.72	361.27	7.02	420.23	6.40
				262.43	0.72	315.32	1.01	365.61	1.30	414.16	1.66	451.45	3.55
POTENCIA ABSORBIDA													
Curva 1		Curva 2		Curva 3		Curva 4		Curva 5		Curva 6		Curva 7	
kcfm	HP	kcfm	HP	kcfm	HP	kcfm	HP	kcfm	HP	kcfm	HP	kcfm	HP
98.74	196.63	123.98	273.58	149.23	364.77	184.91	458.81	218.86	561.40	251.06	701.04	290.23	874.87
108.32	182.38	137.91	259.33	168.38	339.12	195.36	450.26	236.27	552.85	266.73	695.34	308.51	877.72
117.89	176.68	155.32	242.23	191.01	313.47	212.77	424.61	252.80	532.90	281.53	689.64	322.44	869.17
130.08	151.04	177.95	199.48	210.15	279.27	225.82	407.51	268.47	510.10	297.20	669.69	339.85	860.62
144.87	122.54	199.71	153.89	231.04	236.53	238.88	379.02	281.53	487.31	311.12	652.59	353.77	846.37
157.06	94.04	204.93	142.49	242.36	202.33	251.06	359.07	294.58	461.66	325.05	624.09	378.14	797.93
163.15	82.64	211.90	131.09	254.55	170.98	264.99	336.27	308.51	424.61	342.46	587.05	399.03	732.38
				263.25	153.89	277.18	304.92	323.31	393.26	353.77	558.55	420.79	661.14
						289.36	273.58	335.49	356.22	363.35	530.05	432.98	612.69
						314.60	213.73	364.22	265.03	411.22	341.97	446.03	550.00

En el punto de operación de ventilador cada ventilador tendrá definido por su curvatura característica de la intersección operativa de sistema, en el punto de funcionamiento el ángulo será para cada uno de regulación de los alabes de los ventiladores.

Anexo N°5 — Grafico y Diseño de Circuito de Ventilación en el Nivel Caira 4 y 4.1 de la Mina Huinac

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE FLUJO DE AIRE

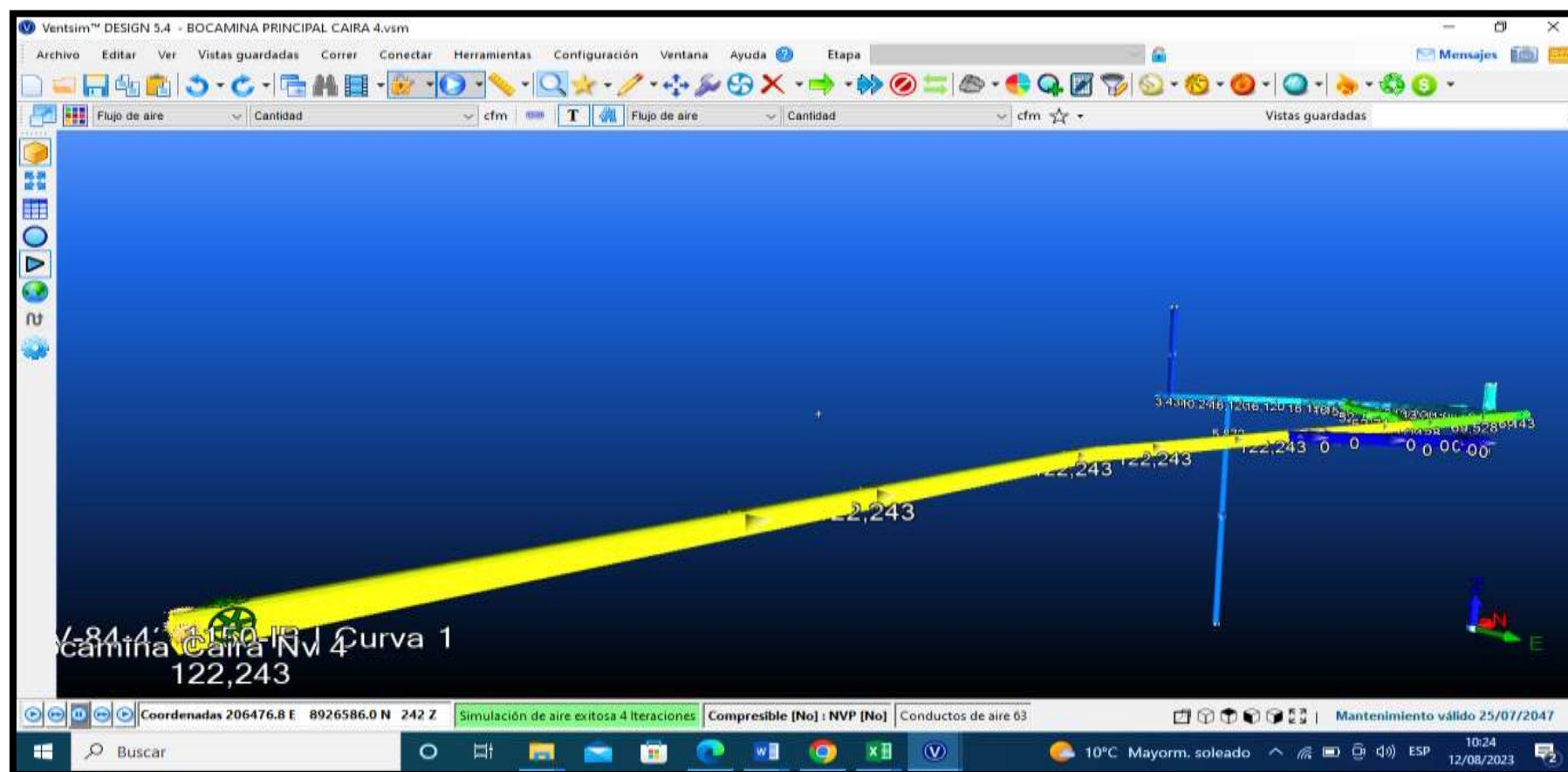


Figura 37 — El Ingreso de Caudal de Aire en el Nivel Caira 4 hasta 4.1

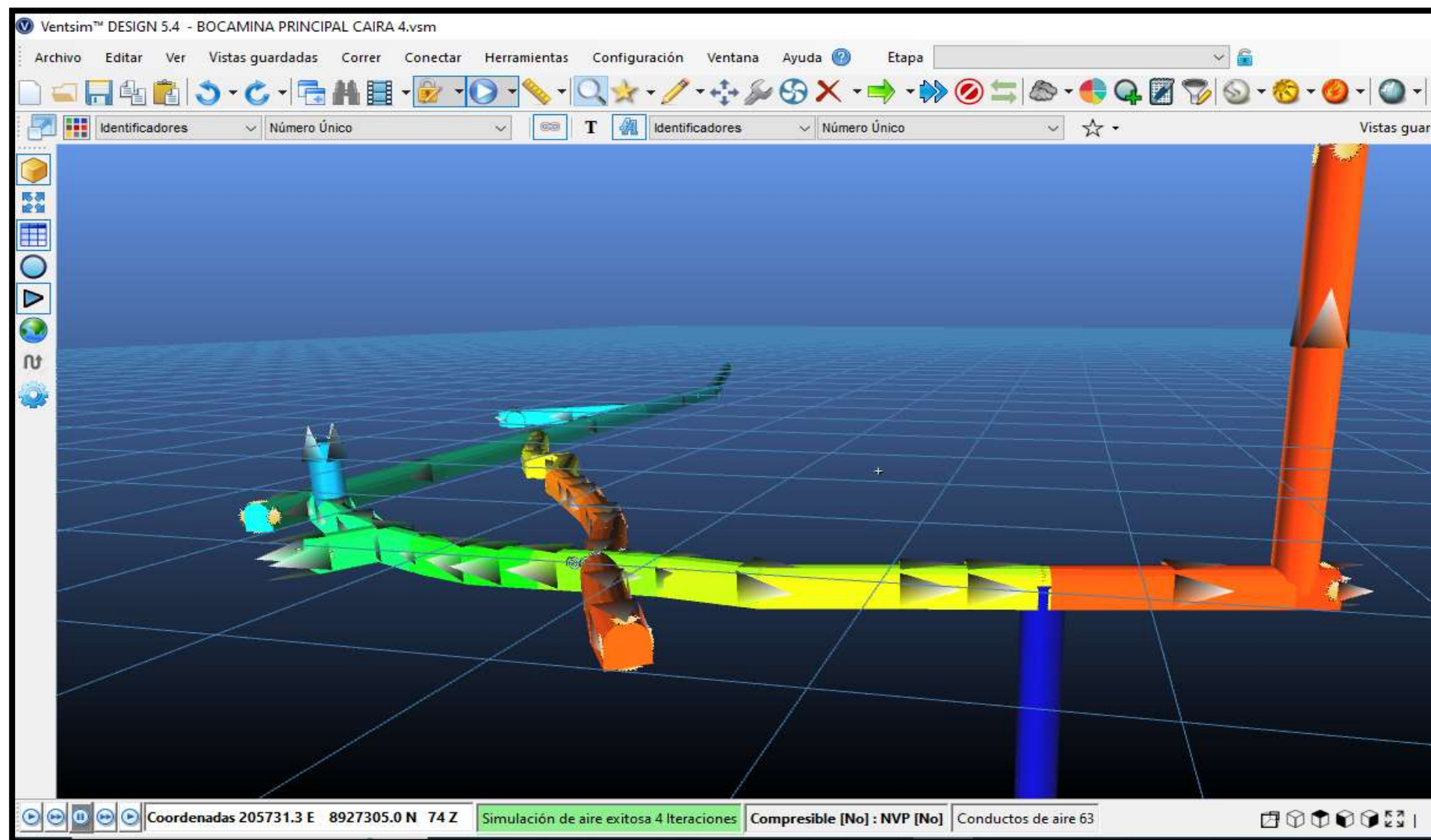


Figura 38 — El Flujo de Aire Ingresa al Pique y Salida por la chimenea

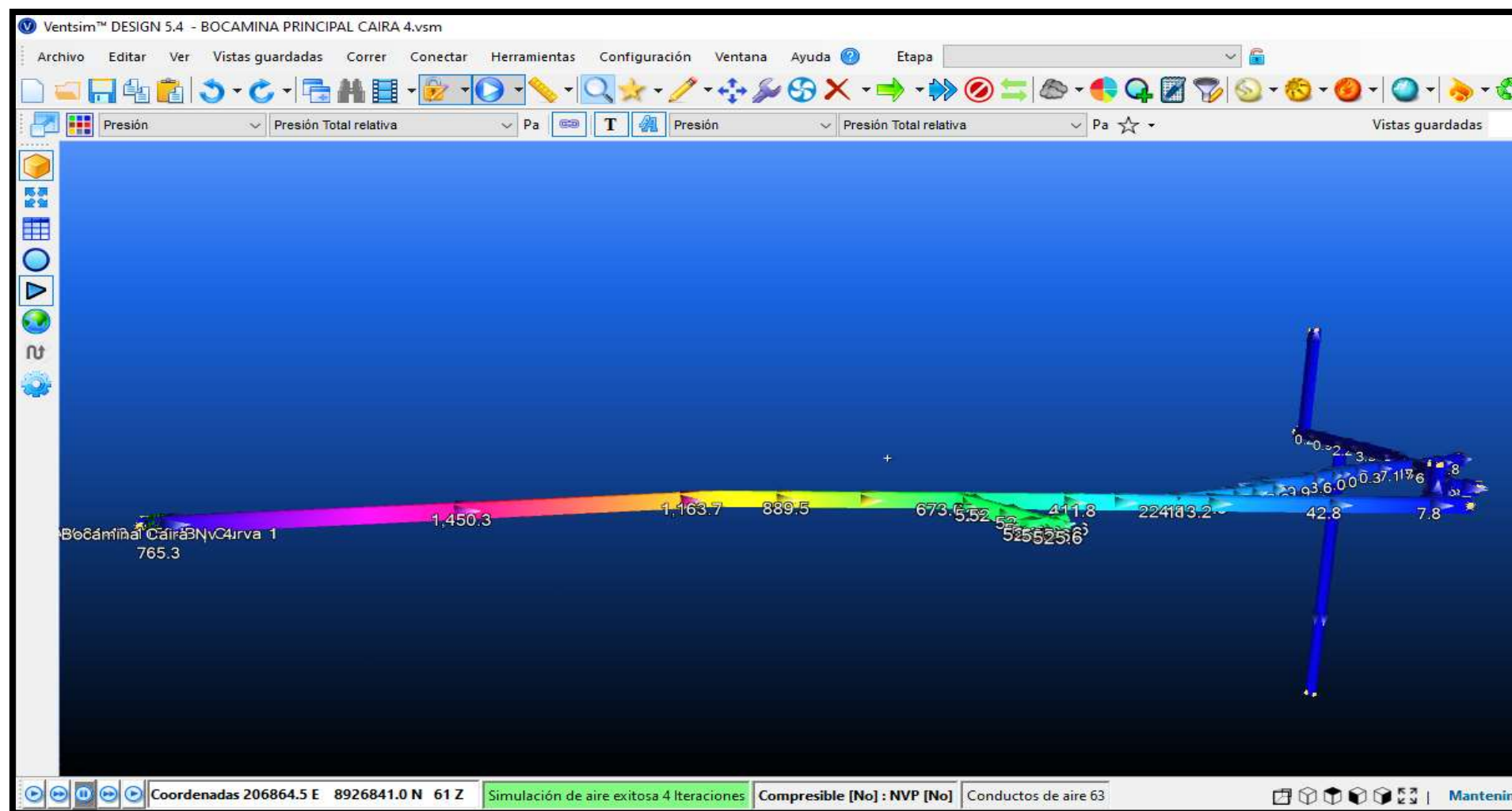


Figura 39 — La Simulación de Presión Total Relativa

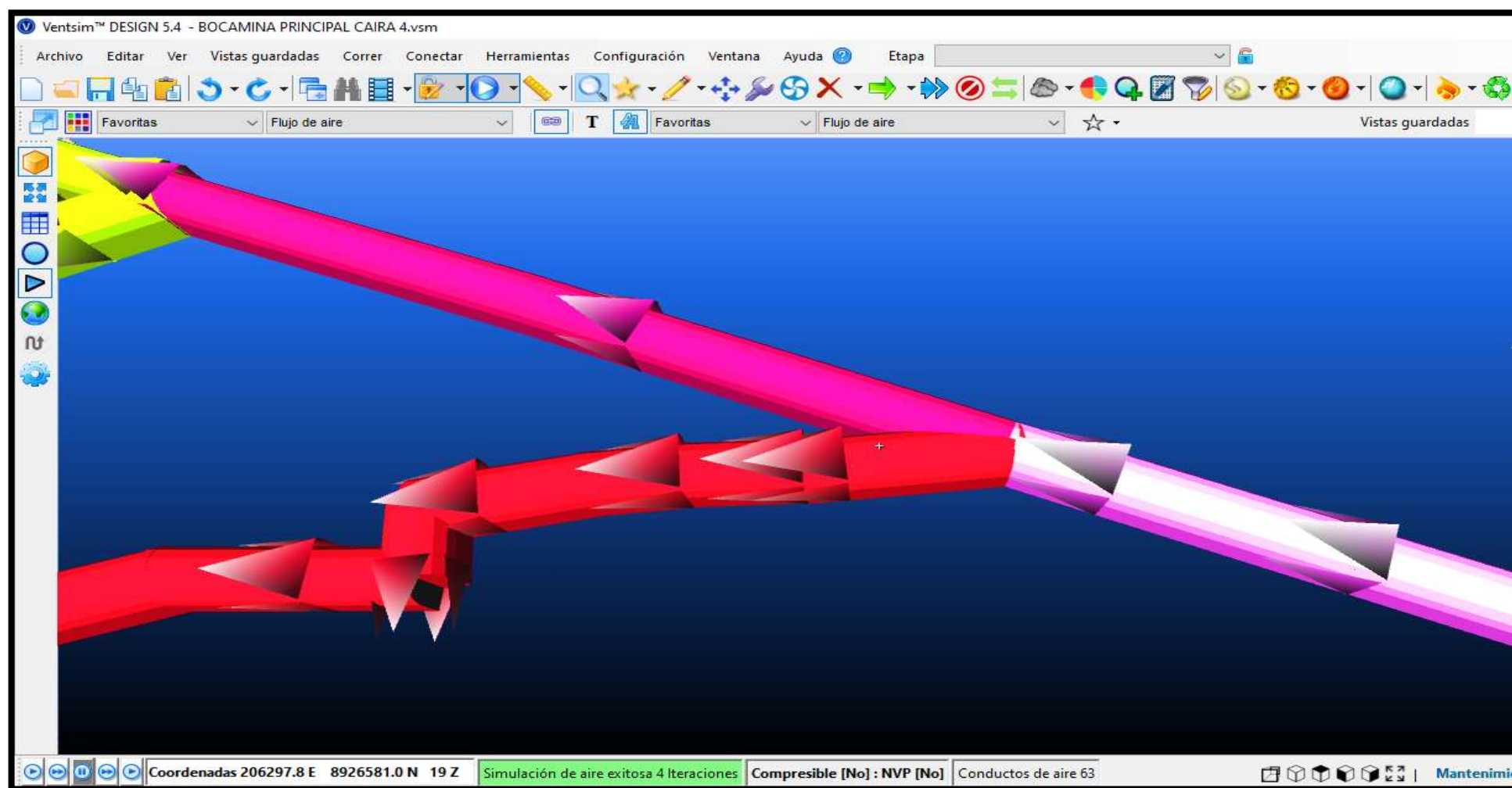


Figura 40 — La Separación de Flujo de Aire con la Gal Caira y Gal Madrugada

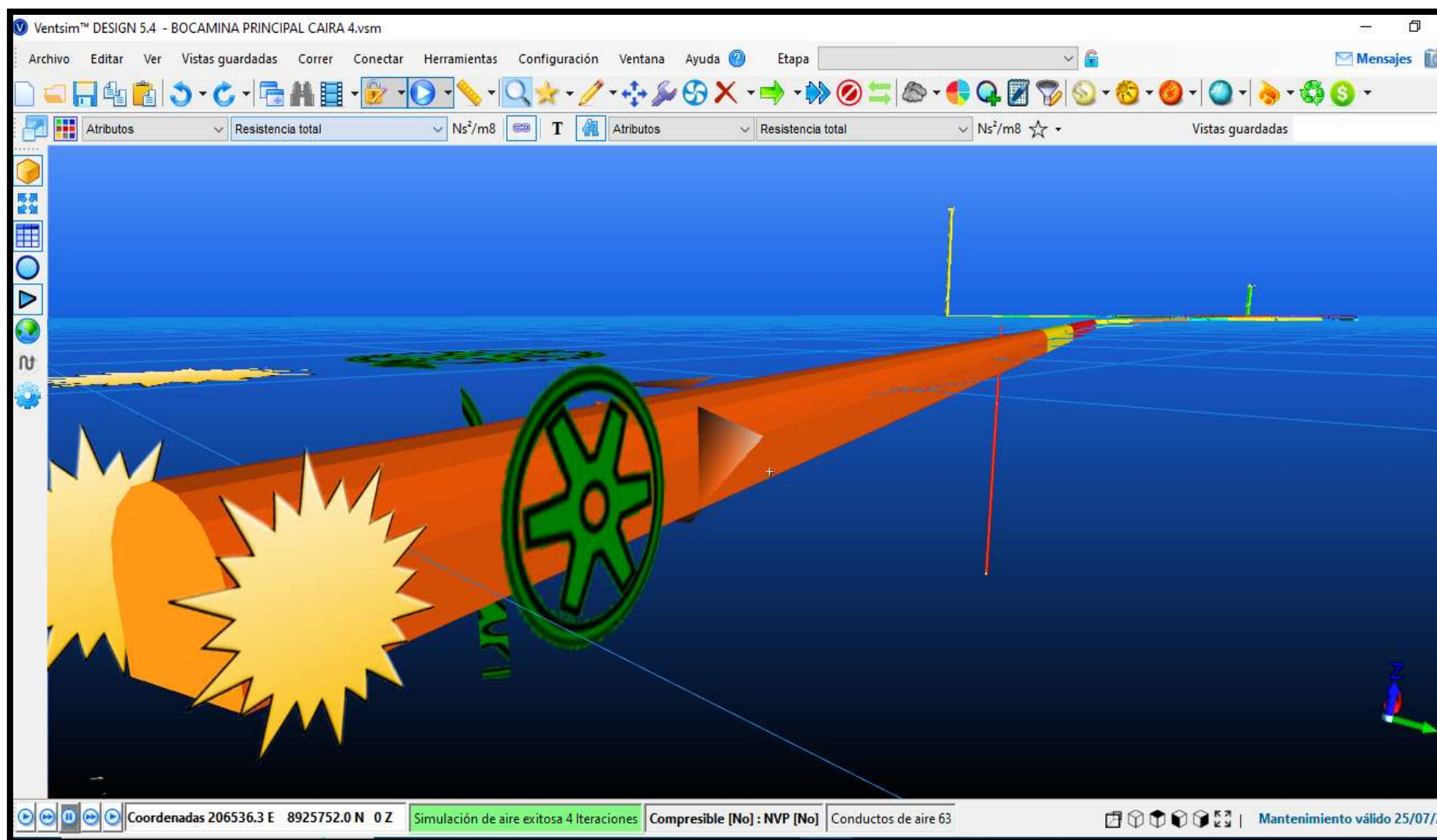


Figura 41 — Ventilador de Flujo de Aire Limpio en el Nivel Caira 4 y 4.1

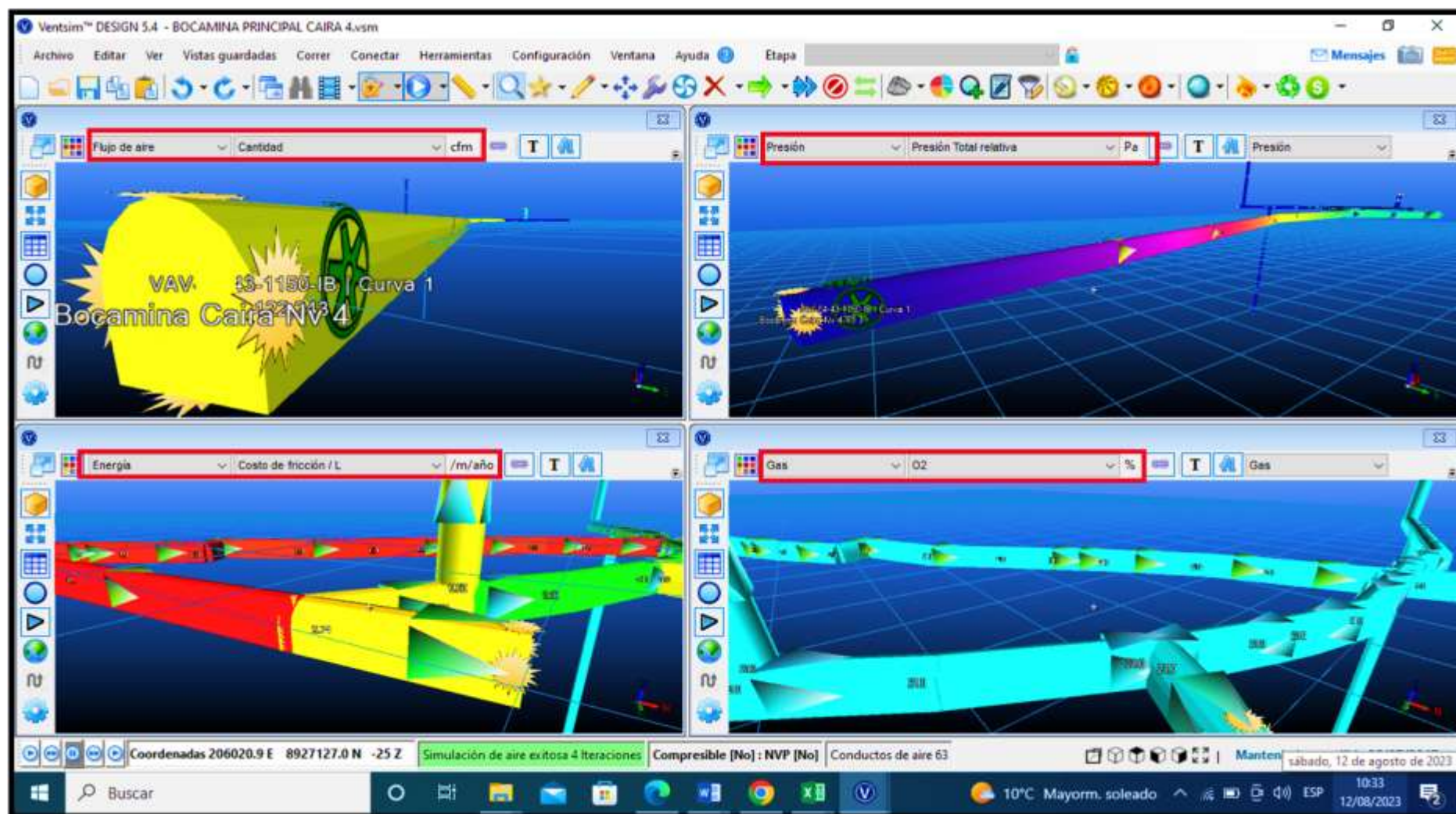


Figura 42 — Simulación de Flujo de Aire (Cantidad, Presión, Gases)

Anexo N°6 — Fotográfico de la Empresa Minera Huinac

La Ubicación de Operación Mina la Gerencia de Oficinas de las Áreas de Geología, Seguridad, Medio Ambiente, Posta Medica entre otros.



Figura 43 — Fotografía del Campamento de la Mina Huinac



Figura 45 — La Galería Caira en el Nivel 4 en el Interior de la Mina



Figura 44 — La Medición en Campo con Equipos y Materiales



Figura 46 — El Pique de Extracción de Mineral en el Nivel Caira 4.1



Figura 47 — La Ubicación del Motor, para Winche de Izaje.

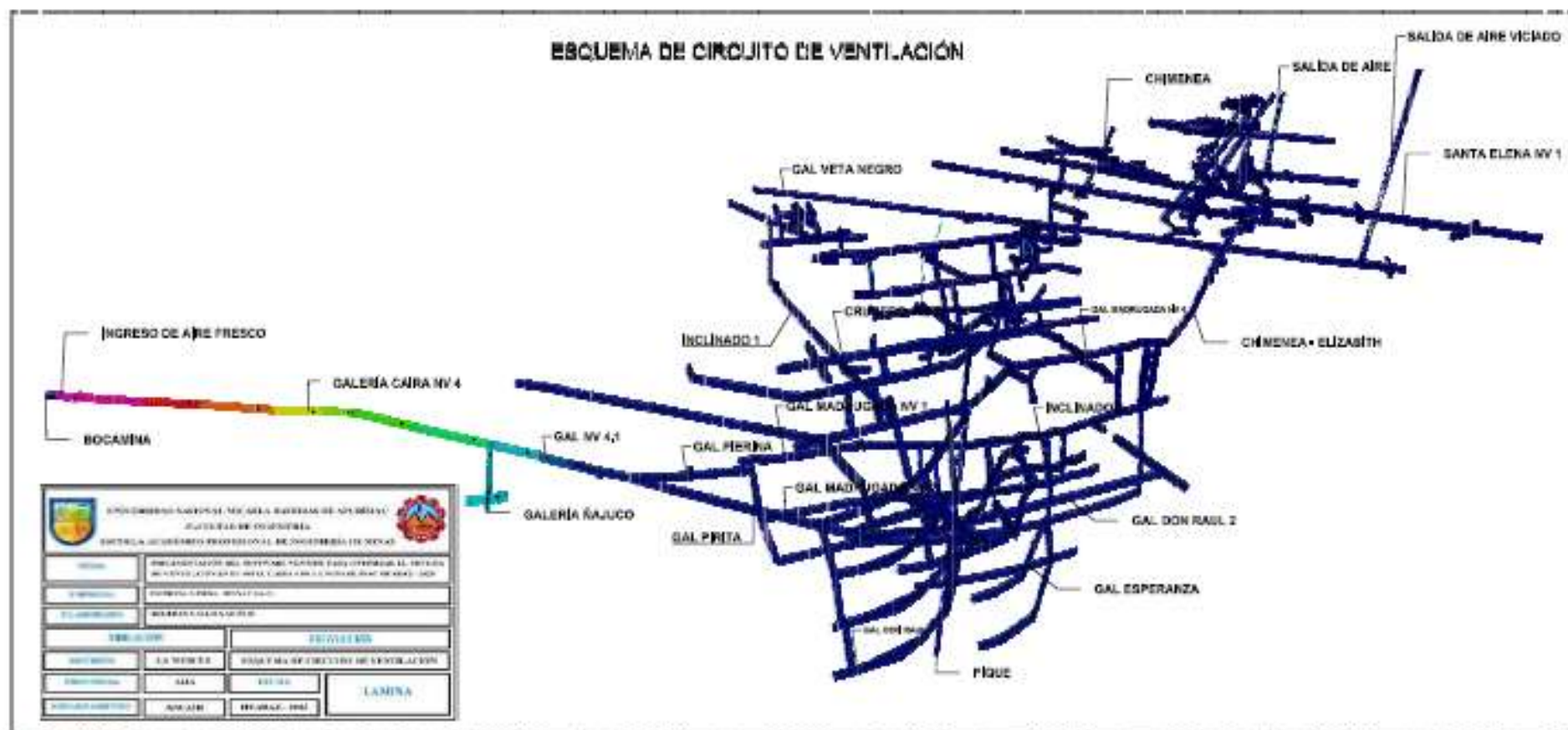
UBICACION DE LA EMPRESA MINERA HUINAC S.A.C.



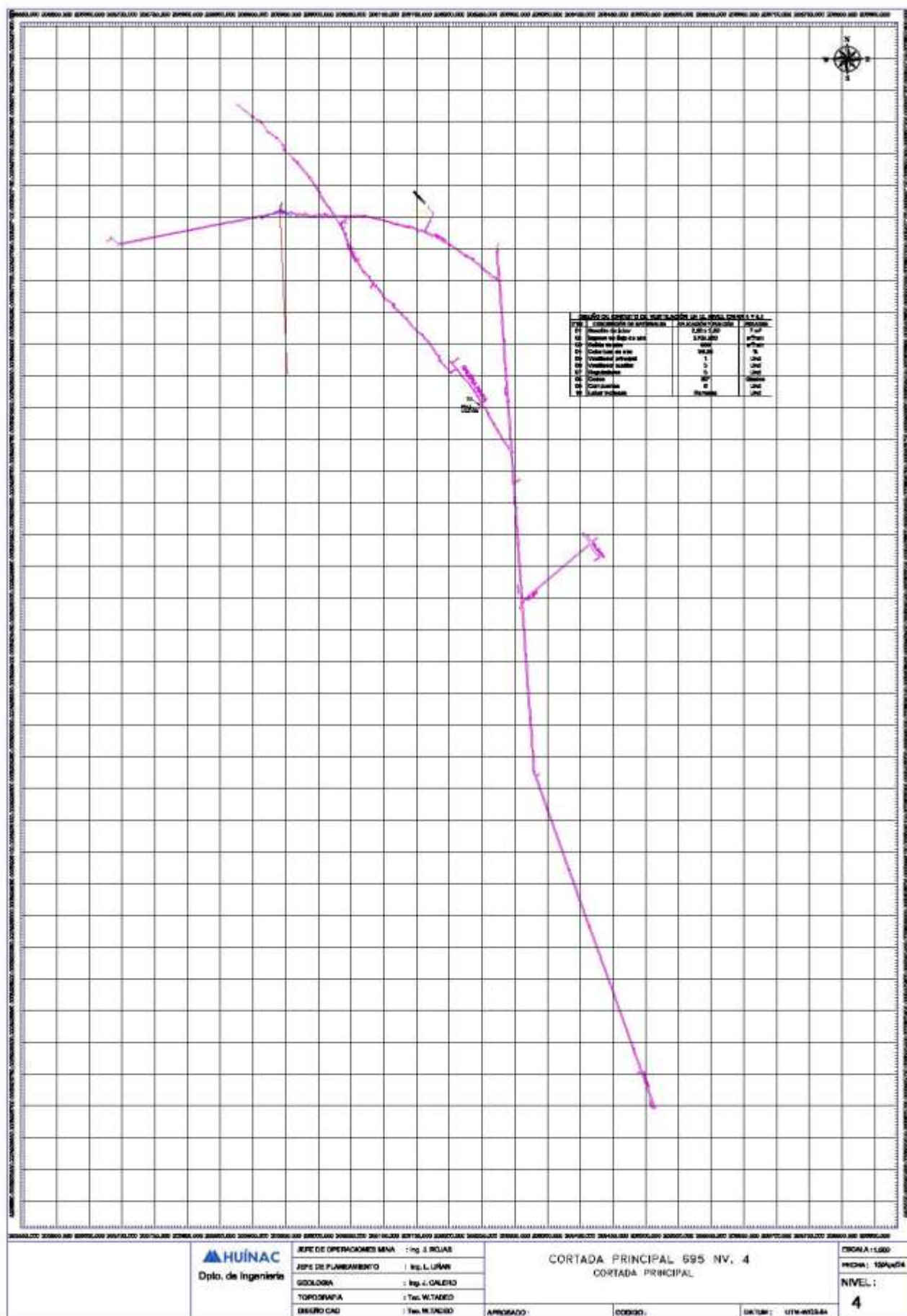
LEYENDA

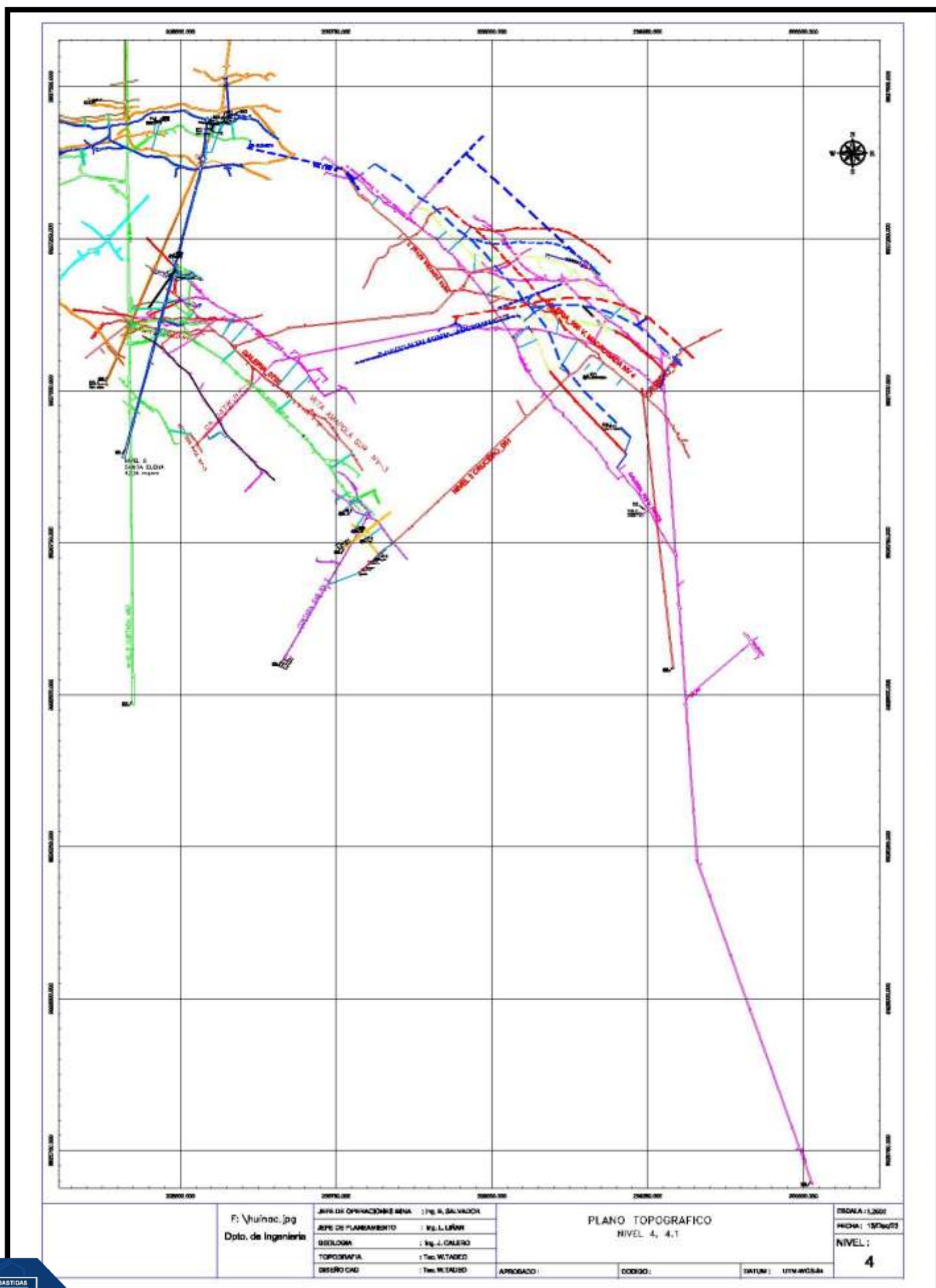
- ANCASH
- AJJA
- LA MERCED

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS					
TESIS	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA VENTSIM PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE LA EMPRESA MINERA HUINAC S.A.C. HUARAZ - 2023.				
MAPA	UBICACIÓN	EMPRESA	MINERA HUINAC S.A.C.		
UBICACIÓN	ELABORADO	BELTRAN MALLMA MUÑOZ			
DISTRITO	LA MERCED	PROYECCIÓN		LAMINA N.º	
PROVINCIA	AJJA	UTM WGS-1985		01	
DEPARTAMENTO	ANCASH	ESCALA	FECHA		
		INDICADA	HUARAZ - 2023		











UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS
DE APURIMAC

Licenciada por SUNEDU

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 271-2023

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada **“Implementación del software ventsim para optimizar el sistema de ventilación en el nivel Caira 4 de la mina Huinac Huaraz - 2023”**, presentado por el **Bach. Beltrán MALLMA MUÑOZ**, para optar el Título de **Ingeniero de Minas**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Ouriginal (URKUND), siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (18%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 27 de diciembre del 2023

 UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
DE APURIMAC
Dr. Lintor Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 961

