

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Trabajo de Investigación

**Propuesta técnica económica de mejora para el diseño  
del sistema de ventilación principal de una operación  
minera subterránea - Cobriza 2020**

Victor Vargas Lloclla

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



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

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la oportunidad de seguir con vida y por iluminarme en el camino de cumplir con todos mis sueños.

De la misma manera agradecer a los Ingenieros de la Universidad Continental, de la carrera profesional de Ingeniería de Minas, por compartir sus conocimientos y sus experiencias, que ello me motiva de seguir en mi vida profesional y me pasión por la minería.

## **DEDICATORIA**

A mi linda esposa e hijos, padres y hermanos por creer en mis habilidades, conocimientos y por darme sus apoyos incondicionales en los malos y buenos momentos durante los años de estudio y poder cumplir el objetivo de ser un gran profesional.

## INDICE

AGRADECIMIENTO .....	2
DEDICATORIA.....	3
INDICE DE TABLAS .....	8
INDICE DE FIGURAS.....	10
INDICE DE ANEXOS.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I.....	16
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	16
1.1.1. Problema General.....	17
1.1.2. Problemas Específicos.....	17
1.2. Objetivos de la investigación.....	17
1.2.1. Objetivo general .....	17
1.2.2. Objetivos Específicos .....	18
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.3.1. Justificación Técnica.....	18
1.3.2. Justificación económica.....	18
1.3.3. Justificación de SSO .....	18
1.3.4. Justificación Operacional.....	19
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	19
1.4.1 Hipótesis general.....	19
1.4.2Hipótesis específicas .....	19
1.4.3. Descripción de variables.....	20
1.4.4. Operacionalización de variables.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes del problema .....	21
2.1.1. Internacional .....	21
2.1.2. Nacional.....	21

2.1.3.	Regional. ....	22
2.2.	Bases teóricas.....	22
2.2.1.	La ventilación de minas. ....	22
2.2.1.1.	Tipo de ventilación.....	23
2.2.1.2.	Agentes físicos. ....	25
2.2.1.3.	Agentes químicos. ....	26
2.2.1.4.	LMP de los gases. ....	26
2.2.1.5.	Caudal de aire necesario en una operación minera. ....	27
2.2.1.6.	Requerimiento de aire en labores subterráneas.....	27
2.2.2.	Descripción de la unidad minera Cobriza .....	31
2.2.2.1.	Geología.....	31
2.2.2.2.	Yacimiento de mineral.....	31
2.2.2.3.	Descripción general de la mina .....	32
2.2.2.4.	Método de explotación corte y relleno ascendente.....	32
2.2.3.	Diseño de labores.....	34
2.2.4.	Marco legal.....	36
2.2.5.	Software de ventilación .....	38
2.3.	Definición de términos .....	40
2.3.1.	Ventilación de minas .....	40
2.3.2.	Ventilación natural .....	40
2.3.3.	Ventilación artificial.....	40
2.3.4.	Agentes físicos .....	41
2.3.5.	Agentes químicos.....	41
2.3.6.	Límites máximos permisibles.....	41
2.3.7.	Términos y definiciones de las unidades .....	42
CAPÍTULO III .....		43
METODOLOGIA.....		43
3.1.	Método y alcance de la investigación. ....	43
3.2.	Diseño de la Investigación.....	44
3.3.	Población y muestra. ....	44
3.3.1.	Población.....	44
3.3.2.	Muestra.....	44

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	45
3.4.4.Fase de Gabinete. ....	47
3.4.5.Técnicas de procesamiento de datos.....	47
CAPITULO IV .....	48
RESULTADOS Y DISCUSION.....	48
4.1. Diagnóstico del sistema actual de la ventilación principal en mina.....	48
4.1.1. Estaciones de ventilación mecánica principal.....	48
4.1.2. Estaciones de ventilación secundaria. ....	49
4.1.3. Medición de termo ambientales y gases de mina.....	50
4.1.4. Balance general de aire del sistema de ventilación actual .....	53
4.1.5. Resumen de costos con el sistema actual. ....	54
4.2. Diseño de un nuevo del sistema de ventilación principal .....	55
4.2.1. Diseño de la estación principal del sistema de ventilación. ....	57
4.2.2. Diseño de las Estaciones Secundarias de Ventilación.....	58
4.2.3. Circuitos de Ventilación de la UM – Cobriza .....	58
4.2.4. Requerimiento de aire.....	61
4.2.5. Cobertura de las demandas de aire en las labores de exploración. ....	62
4.2.6. Requerimiento de aire por ciclo de minado:.....	66
4.2.7. Balance general de calidad del Aire de la mina del nuevo diseño del sistema de ventilación. ....	67
4.2.8. Medición de los gases de mina y las situaciones termo ambientales .....	69
4.2.9. Velocidad del Aire:.....	69
4.2.10. Exposición a las altas temperaturas:.....	69
4.2.11. Resumen de las situaciones termo-ambientales:.....	70
4.2.12. Sistema de respuesta de emergencia ante un apagón de energía eléctrica.....	71
4.2.13. Análisis económico .....	71
4.2.14. Costos de mano de obra.....	72
4.2.15. Costos de energía zona I y II .....	73
4.2.16. Costo total de energía.....	73
4.2.17. Resumen de los costos de ventilación. ....	74
4.2.18. Resumen de costos con el nuevo diseño de sistema de ventilación. ....	74

4.3. Beneficios de la implementación de la propuesta técnica – económica para el sistema de ventilación. ....	77
4.3.1. Beneficio técnico .....	77
4.3.2. Beneficios en la comparación con el sistema actual.....	77
4.3.3. Beneficios obtenidos en cuanto al exposición de los gases en las labores subterráneas. ....	78
4.3.4. Beneficios con el Nuevo Diseño de sistema de Ventilación. ....	82
4.3.5. Beneficios económicos .....	83
4.4. Análisis e interpretación de datos.....	84
4.4.1. Prueba de hipótesis .....	85
4.4.2. Discusión de los resultados.....	86
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFIA .....	90
ANEXOS .....	91



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	20
Tabla 2: Límites permisibles de gases .....	26
Tabla 3: Caudal requerido según la altitud de m.s.n.m. ....	27
Tabla 4: Fuente: Anexo 38. D.S. 023 – EM – 2017 .....	28
Tabla 5: Anexo 38, D.S. 023 - EM – 2017 .....	29
Tabla 6: Anexo 38, D.S. 023 - EM – 2017 .....	42
Tabla 7: Estación principal de ventilación.....	48
Tabla 8: Ventiladores en estaciones secundarias. ....	49
Tabla 9: Concentración de gases por zonas .....	50
Tabla 10: Límites permisibles de gases .....	51
Tabla 11: Balance general actual de ingreso de aire en mina .....	53
Tabla 12: Balance general actual de salida aire en mina .....	53
Tabla 13: Resumen del balance general actual de aire en mina .....	54
Tabla 14: Costo de reparación y mantenimiento de ventiladores. ....	54
Tabla 15: parámetros y límites de exposición ocupacional .....	55
Tabla 16: Parámetros para realizar los cálculos del requerimiento de calidad de aire .....	56
Tabla 17: Los principales ventiladores extractores con el nuevo diseño .....	57
Tabla 18: ventiladores Secundarios con el nuevo diseño. ....	58
Tabla 19: Cobertura de aire en mina.....	62
Tabla 20: Cantidad de aire requerido por equipo en zona I.....	63
Tabla 21: Cantidad de aire requerido por equipo en zona III.....	64
Tabla 22: Cantidad de aire requerido por equipo en zona V.....	65
Tabla 23: Requerimiento por ciclo de minado .....	66
Tabla 24: Balance general de ingreso de calidad de aire el nuevo diseño.....	67
Tabla 25: Balance general de salida de calidad de aire con el nuevo diseño .....	68
Tabla 26: Resumen del Balance general con el nuevo diseño .....	68
Tabla 27: Promedio de Exposición a los Gases por Zonas .....	69
Tabla 28: Costo de mano de obra .....	72
Tabla 29: Costo total de energía (US\$/TM).....	74
Tabla 30: Precio total de ventilación (US\$ TME).....	74

Tabla 29: Costo de reparación y mantenimiento de ventiladoras.....	75
Tabla 32: Resumen del sistema actual de ventilación.....	78
Tabla 33: Resumen del nuevo diseño del sistema de ventilación .....	78
Tabla 34: Promedio de Exposición a los Gases por Zonas con el actual diseño.....	79
Tabla 35: Promedio de Exposición a los Gases por Zonas con el nuevo diseño .....	79
Tabla 36: Costo de reparación y mantenimiento de ventiladoras.....	83
Tabla 37: Costo del consumo de energía eléctrica con el sistema actual. ....	83

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: tipo de ventilación natural.....	24
Figura 2: Tipo de ventilación artificial .....	25
Figura 3: Ciclo de minado en la unidad minera .....	33
Figura 4: Método de explotación de corte relleno ascendente .....	36
Figura 5: Usos de Instrumentos de medición en ventilación subterránea .....	47
Figura 6: Plano isométrico de ventilación principal de la unidad .....	52
Figura 7: Esquema Unifilar de Sist. Ventilación Zona Alta .....	59
Figura 8: Esquema Unifilar de Sist. Ventilación Zona III.....	60
Figura 9: Esquema Unifilar de Sist. Ventilación Zona v .....	61
Figura 10: Comparación de contenido de oxígeno .....	80
Figura 11: Comparación de contenido de monóxido de carbono. ....	80
Figura 12: Comparación de contenido de dióxido de nitrógeno.....	81
Figura 13: Comparación de contenido de dióxido de carbono.....	81
Figura 14: Comparación de contenido de velocidad de aire.....	82
Figura 15: Comparación de contenido de costo de ventilación. ....	84

## INDICE DE ANEXOS

anexo N°: 1 relación de ventiladores mecánicas de mina .....	92
anexo N°: 2 plano isométrico de ventilación principal de la unidad .....	94
anexo N°: 3 plano en perfil de zona III.....	95
anexo N°: 4 relación de equipos que trabajan por cada guardia .....	96
anexo N°: 5 distribución del personal. ....	98
anexo N°: 6 costo de energía zona III. ....	99
anexo N°: 7 costo de energía zona II .....	101

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación titulado “Propuesta Técnica Económica de Mejora para el Diseño del Sistema de Ventilación Principal de una Operación Minera Subterránea”, la calidad de aire en la mina subterránea se requiere la cantidad de caudal para que pueda mantenerse a una especificación de la temperatura que está regulada para realizar un trabajo adecuado, de la misma manera que todo los gases tóxicos producidas por las operaciones puedan ser diluidas por debajo de los límites permisibles como lo indica el presente reglamento del D.S. 024 y su modificatoria 023 – 2017- EM, de tal forma las condiciones de trabajo sean seguros en todas las labores subterráneas de circular el aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficiente. Por ende, sea visto el inconveniente de que la cobertura de aire solo era alrededor de 97 %, por ello se propone por la necesidad de poder resolver la problemática. Donde se plantea conforme al:

**problema general:** ¿De qué manera una propuesta técnica económica podrá mejorar el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea en Cobriza?

**Objetivo:** Determinar una propuesta técnica económica de mejora para el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea en Cobriza, asimismo se dispone la respuesta a la pregunta señalado con la nueva propuesta técnica económica del diseño del sistema de ventilación mecánica es factible realizar el nuevo diseño de ventilación.

**Metodología:** el método que se utilizó en el presente estudio es el método aplicada, por intermedio de este sistema se concluyó los problemas de carácter científico. utilizando técnicas procedimientos de manera organizada y sistematizada.

**Resultados:** en los resultados obtenidos de la necesidad de cantidad de aire requerido para las operaciones subterráneas en las labores de la mina. 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.

**Palabra clave:** caudal de aire, ventilación, cobertura de aire.

## **ABSTRACT**

In the present research project entitled "Technical Economic Proposal of Improvement for the Design of the Main Ventilation System of an Underground Mining Operation", the quality of air in the subway mine requires the amount of flow so that it can be maintained at a temperature specification that is regulated to perform an adequate work, in the same way that all toxic gases produced by the operations can be diluted below the permissible limits, as indicated in the present regulation of SUPREME DECREE 024 and its amendment 023 - 2017- EM, in this way the working conditions are safe in all subway workings to circulate clean and fresh air in sufficient quantity and quality. Therefore, we have seen the inconvenience that the air coverage was only about 97%, so it is proposed by the need to solve the problem. Where it is proposed according to the:

General problem: How can an economic technical proposal improve the design of the main ventilation system of a subway mining operation in Cobriza?

Objective: To determine an economic technical proposal to improve the design of the main ventilation system of a subway mining operation in Cobriza; likewise, the answer to the question indicated with the new economic technical proposal of the design of the mechanical ventilation system is feasible to carry out the new ventilation design.

Methodology: the method used in this study is the applied method, by means of this system the scientific problems were concluded. Utilizing techniques and procedures in an organized and systematized way.

Results: in the results obtained from the results of the need for the amount of air required for subway operations in the mine workings. The requirement is out of 1,169,850.02 CFM with a difference of coverage before 93% and after design 100.78%. In the same way with a 2% difference in air balance between inlet and outlet of stale air.

Keyword: air flow, ventilation, air coverage.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se menciona el sistema de ventilación en toda las labores subterráneas nos menciona la importancia del circulación la calidad de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficiente en toda las labores mineras de tal forma sea un mejor condición de trabajo para todo el personal que labora dentro de la mina que sea garantizado para su salud y un ambiente seguro, de la misma manera teniendo en cuenta el total del personal que labora por turnos y la distribución de los equipos mineros que funcionan a combustión interna diésel según su potencia. Y la importancia del cumplimiento del presente reglamento de seguridad y salud ocupacional del D.S – 024 y su respectiva modificatoria D.S – 023 -2017 – EM.

El presente estudio con el título “Propuesta Técnica Económica de Mejora para el Diseño del Sistema de ventilación principal de una operación Minera subterránea, estudia los tipos de ventilación para poder realizar un diseño eficiente en las labores mineras. Que la ventilación mecánica es producida por medio de las turbinas mientras que la ventilación natural es por diferencia de temperaturas atmosféricas.

**CAPITULO I:** en este párrafo se determina el planteamiento de la principal problemática de la situación actual donde involucra en cuanto a la calidad de aire en los lugares de trabajo, de la misma forma se considera los antecedentes respecto a la temática de la investigación. El planteamiento de problema y los objetivos que determinan los estudios de la presente investigación.

**CAPITULO II:** En este capítulo pertenece todo lo que es el marco teórico donde especifica todo lo que es la teoría de la presente investigación, considerando todo lo que es las bases teóricas que generalmente explica cada una de las variables de la investigación, también conceptualiza todo lo que es el conocimiento de sistema de ventilación subterránea y buscar una solución para tener un resultado eficiente en cuanto a la calidad del aire que puedan circular en todas las labores subterráneas.

**CAPITULO III:** en este capítulo se determina de cómo se desarrollará la presente investigación donde se elige un método para poder ejecutar el trabajo buscando planificar, Por ello si podrá analizar las hipótesis de la misma manera realizar el reconocimiento de las variables y sus respectivos indicadores, método, tipo, nivel diseño, población, muestra, técnicas de recolección de datos.

**CAPITULO IV:** En este capítulo se llega a un resultado de toda la investigación de la misma manera tiene que llegar a determinar e interpretar los resultados de los métodos planteados en la investigación y ser analizados los resultados. Y distinguir las hipótesis de la investigación.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

Uno de los factores críticos que se debe de controlar en una mina subterránea es la ventilación. Por ello es de gran importancia la evaluación constante de todo este sistema para mantener la calidad de aire en las labores dentro de los límites permisibles tanto, para el aseguramiento de la salud del personal que labora, como para el óptimo rendimiento de los equipos que funcionan en interior mina.

La presente investigación se centra en la determinación de los problemas reales que se vienen identificando en el sistema de ventilación en las labores de la unidad minera, donde el principal problema es la deficiente de circulación de aire fresco y limpio en las labores de profundización dentro del ciclo de minado. Las causas principales se deben a:

- i) El diseño de sistema de ventilación principal no ha sido actualizado de acuerdo con el avance de explotación en las labores, lo cual ha generado la existencia de labores abandonadas que no han sido consideradas dentro del diseño de ventilación creando condicione subestándar en la calidad de aire existente dentro del área de operaciones mina.
- ii) En las labores del desarrollo desde las cotas del nivel 1800 msnm hacia las zonas de profundización se han visto expuestas a temperaturas exotérmicas provocadas por el contacto con aguas hidrotermales, llegando a mediciones de temperaturas en el ambiente a más de 40 °C manteniendo altas humedades producto de la presencia de vapor del agua, llegando a valores por encima del

90% en la mayoría de las zonas del desarrollo.(Portilla Salazar & Velarde Macukachi, 2018, p. 12)

- iii) De acuerdo con los puntos anteriores, referentes a la calidad del aire en las zonas del desarrollo y explotación y las temperaturas extremas, se observa el incumplimiento de las normas legales de la ley N° 29783, ley de reglamento de seguridad y salud ocupacional en el trabajo del DS 024-2016-EM y su Modificatoria. (D.S. N° 023-2017-EM, 2017), tal como lo indica en su artículo 246 donde reglamentan de manera conceptualizada las condiciones del sistema de ventilación que se deben de mantener en las labores subterráneas.

### **1.1.1. Problema General**

¿De qué manera una propuesta técnica económica podrá mejorar el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea en Cobriza?

### **1.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Con el sistema de ventilación actual se podrá mejorar las condiciones de la ventilación principal de una operación minera subterránea?
- ¿Con un nuevo diseño se podrá mejorar las condiciones del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea?
- ¿Cuáles serán los beneficios técnico económicos en la propuesta de un nuevo diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea?

## **1.2. Objetivos de la investigación.**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar una propuesta técnica económica de mejora para el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea en Cobriza.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el estado actual del sistema de ventilación en las labores de interior mina de una operación minera subterránea.
- Determinar un nuevo diseño para el sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea de acuerdo con sus necesidades existentes.
- Cuantificar los beneficios de la propuesta técnica económica para el diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea.

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

De acuerdo con lo manifestado en los puntos anteriores, el presente trabajo de investigación realizado en la unidad minera Cobriza "DOE RUN PERU" es muy importante para la continuidad de sus operaciones. Por esta razón, el presente estudio se justifica en:

#### **1.3.1. Justificación Técnica.**

Es importante realizar un nuevo diseño del sistema de ventilación principal en la unidad minera subterránea que satisfaga todas las necesidades inherentes. Un nuevo diseño del sistema de ventilación principal, permitirá maximizar el rendimiento de los equipos existentes logrando de esta manera el aprovechamiento de recursos e infraestructura.

#### **1.3.2. Justificación económica**

Con un nuevo diseño de ventilación principal, al maximizar el rendimiento de equipos se logrará reducir los costos de operación y mantenimiento del sistema de ventilación y por ende el costo unitario de producción, mejorando las condiciones actuales para el desarrollo de las actividades mineras, como son el desarrollo de las labores de avance, labores de explotación y labores de exploración.

#### **1.3.3. Justificación de SSO**

Se justifica en la impotencia del cumplimiento de las normas legales del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional del D.S 024 – 2016 – EM y

su modificatoria D.S 023 – 2017 – EM, tal como lo indica en los art. 246 donde menciona que el titular de la actividad minera debe velar por el suministro de aire limpio a las labores de trabajo de acuerdo a las necesidades del trabajador.

Dentro de una operación de mina subterránea, es sabido que existen diferentes tipos de gases perjudiciales que se presentan de forma natural y otros gases generados por las actividades mineras que deben ser extraídos por el sistema de ventilación, por ello es importante mantener las condiciones de calidad de aire dentro de los límites permisibles que contempla la normativa existente, mejorando las condiciones ambientales en el área de trabajo, minimizando las enfermedades ocupacionales y el cumplimiento del reglamento de seguridad y salud ocupacional.

#### **1.3.4. Justificación Operacional.**

Hay una urgente necesidad de contar con un nuevo sistema de ventilación principal en mina para el cumplimiento de la planificación de operaciones y de explotaciones. como es el caso de las labores del nivel 1800 msnm en adelante de la rampa zig/zag -130 y -200 sur, donde la necesidad es mantener un contenido suficiente de oxígeno para un ambiente que permita que los trabajadores laboren en condiciones de aire fresco y sin contaminantes.

### **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

#### **1.4.1 Hipótesis general**

Con una propuesta técnica económica del diseño del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea se logrará mejorar las condiciones de exploración y explotación.

#### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- Con el diseño actual no se puede mejorar las condiciones de la ventilación principal de una operación minera subterránea.

- Con un nuevo diseño del sistema de ventilación se podrá mejorar las condiciones de ventilación principal de una operación minera subterránea.
- Los beneficios técnico-económicos obtenidos de una nueva propuesta de diseño mejorarán el sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea.

### 1.4.3. Descripción de variables

En el presente estudio, se identificaron dos variables, siendo la variable independiente el diseño de ventilación y la variable dependiente la calidad de aire.

### 1.4.4. Operacionalización de variables

*Tabla 1: Operacionalización de variables.*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>V.I</b>	Caudal de aire	- m <sup>3</sup> /min
Diseño del sistema de ventilación	Área de la labor	- m <sup>2</sup>
<b>V.D</b>	Dilución de gases tóxicos	- CO <sub>2</sub> , ppm
Calidad de aire.		- NO <sub>x</sub> , ppm
	Temperaturas de la mina	- °C.

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Internacional**

Según Rojas J. (2020) en su investigación titulado “Estudio del sistema de ventilación de una mina subterránea en Colombia”, menciona que el sistema de ventilación de una mina subterránea debe ser el óptimo para permitir el correcto desarrollo de las operaciones. Luego de este proceso, se llegó a la conclusión que el sistema diseñado fue técnicamente aceptable y pudo ser empleado para simular escenarios o proyectos futuros. De este modo, las variaciones de la magnitud de los caudales, así como las direcciones del flujo de aire, podrán ser detectadas y analizadas. Para los cálculos de este estudio se tomó como referencia las especificaciones del D.S. 1886 de Colombia “Reglamento de seguridad en labores mineras subterráneas”.

##### **2.1.2. Nacional.**

Según el Gutiérrez A. (2017) en su investigación titulado “La Recirculación las Operaciones subterráneas”, determina que para obtener el mayor caudal en las labores de aire fresco y limpio se debe tener un mayor control de ingreso y salida de calidad de aire en todas las labores subterráneas de manera de mantener por debajo de los límites permisibles el contenido de gases en la calidad de aire.

### **2.1.3. Regional.**

Según el Baltazar R. (2016) en su investigación de maestría titulado “Influencia de los ventiladores en el sistema de ventilación en la unidad minera Kazán” indica como objetivo determinar la influencia de los ventiladores mecánicos en el diseño de ventilación. En su hipótesis, indica que en la instalación de ventiladores mecánicos influirá positivamente de tal manera que el cálculo de cantidad de aire requerido para ventilar sus labores es de mayor magnitud.

Según el García E. (2016) en su tesis de investigación “Evaluación de la situación actual del Sistema de ventilación y Propuesta para su Optimización en la Mina subterránea Carbonífera mi Grimaldina I”, determina como su objetivo principal el análisis de la ventilación natural de todas las galerías, concluyendo que la calidad de aire es gran importancia para poder mejorar con más construcciones de cámaras y pilares.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. La ventilación de minas.**

En su libro de Jimenes P (2011) indica según sus investigaciones que el termino de ventilación se ejecuta mediante el circuito para lograr un circulación eficiente se tendrá que tener la mina con dos accesos de manera independiente para poder conseguir una entrada y salida de aire fresco y una salida aire viciado en caso se habría ventanas que podrían perjudicar tanto la entrada o salida de aire en este caso se tendrá que utilizar tapones o puertas para evitar la recirculación del aire requerido en la mina.

En caso sea necesario de ventilar un túnel de un solo entrada como en este caso frentes, desarrollos, chimeneas, pozos. se utilizarán un ventilador mecánica según su capacidad que inyecta mediante mangones hacia el punto ciego del túnel este tipo de ventilación se le denomina como ventilación secundaria

Toda ventilación utilizada en sector minería es de vital importancia para todo ser humano como también para todos los equipos mineros por ello pues se requiere que el aire debe circular por todas las labores subterráneas. Por ende, que en toda la labor subterránea se tiene que determinar el aire fresco y limpio en cantidad y calidad en las operaciones subterráneas por.

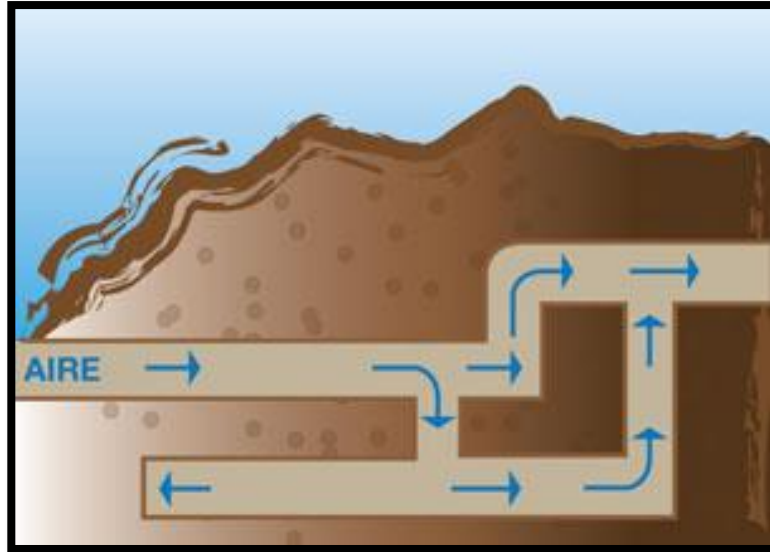
- Para una respuesta de emergencia en las labores se deberá tener un balón de oxígeno.
- Un túnel excavado a mayores profundidades sin tener ventilación tiende a acumular gases tóxicos producto de las voladuras y de equipos que funcionan a Diesel.
- Según las investigaciones en un túnel, en su avance, a mayor longitud tiende a aumentar las temperaturas exotérmicas cada 1 m de avance genera 1% de temperatura.

#### **2.2.1.1. Tipo de ventilación**

##### **a) Ventilación natural**

Según su determinación de la metodología de proyecto de ventilación de mina subterránea Chile (2015) indica pues para poder tener el concepto de ventilación natural existe una diferencia de temperaturas atmosféricas según la altitud de m.s.n.m, pero esto indica que la entrada puede ser por la bocamina que más se encuentra más abajo que el otro y la salida será por la bocamina que está más arriba sobre el otro. La velocidad de aire no será menor de 20 m/min

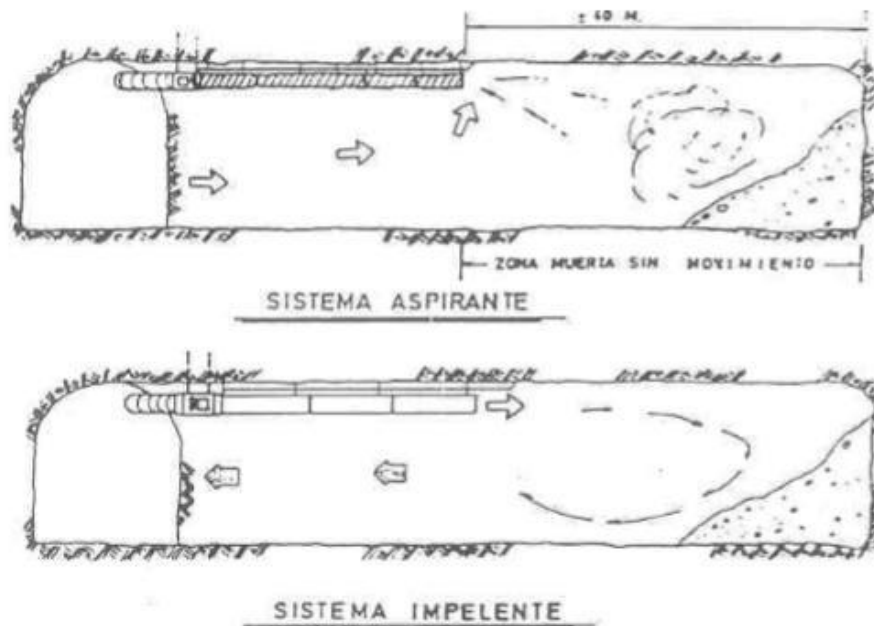




*Figura 1: tipo de ventilación natural*

#### **b) Ventilación artificial**

La ventilación artificial mayormente es empleada en las labores subterráneas que superan el uso de una ventilación natural, por ello, se emplea ventiladores mecánicos de manera artificial para poder inyectar aire de manera forzada a toda la labor mediante chimeneas de RB o mediante mangones. Para ello también se tendrá que utilizar un ventilador extractor para extraer todo el aire viciado de las labores subterráneas. Para ventilar frentes ciegos se utilizarán ventiladores de menor capacidad y serán inyectados mediante mangas de ventilación. Las mangas de ventilación estarán de tope del frente a 15 metros de distancia como estipula el reglamento de seguridad y salud ocupacional



*Figura 2: Tipo de ventilación artificial*

### 2.2.1.2. Agentes físicos.

#### a) Aire de mina.

Se determina el aire de mina respecto al aire atmosférico, que entra a la mina sufre determinadas alteraciones, si fuese menor podríamos considerar como aire fresco, cuando las alteraciones están dentro de las consideraciones de la mezcla de gases y vapores, normalmente a los materiales que son como polvo en el ambiente en suspensión, se denomina aire viciado.

#### b) Polvos en mina.

Según su determinación de la metodología de proyecto de ventilación de mina subterránea Chile (2015) estipula de la siguiente manera. “el polvo que existe en las labores subterráneas producidas por la voladura

y movimiento de equipos livianos y pesados son de tamaño muy finas que mayormente se acumulan a todas las paredes de las labores

### c) **Temperatura.**

En las labores subterráneas el incremento de la temperatura es por el gradiente geotérmico y la funcionabilidad de los equipos diésel, cuanto más se profundiza es mayor el incremento de temperatura.

#### **2.2.1.3. Agentes químicos.**

La potencialidad de agentes químicos que puedan causar daño a la persona, están presentes en los gases que existen en las labores subterráneas los cuales son muy peligrosos, pudiendo causar daño a la salud o muerte. Los gases que generalmente se encuentran son: monóxido de carbono (CO) producidos por los equipos que funcionan a combustión interna diésel, dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) que son gases producto de la voladura, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), anhídrido carbónico, anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), vapores nitrosos (NO+NO<sub>2</sub>), son gases más frecuentes que mayor existen en las minas peruanas

#### **2.2.1.4. LMP de los gases.**

Según las normas legales del reglamento de seguridad y salud ocupacional existen límites permisibles para poder trabajar en un ambiente seguro que no sea perjudicial para la salud en un lapso normal de 8 horas de trabajo. Esto lo podemos ver en la siguiente tabla:

*Tabla 2: Límites permisibles de gases*

<b>Gas</b>	<b>En ppm</b>	<b>%</b>
O <sub>2</sub>	-	19.5 mínimo
CO	25	0.0025
NO <sub>2</sub>	5 ppm	0.0005
CO <sub>2</sub>	5000 ppm	0.5
SO <sub>2</sub>	5 ppm	0.0005
H <sub>2</sub> S	10 ppm	0.001
CH <sub>4</sub>	5000 ppm	0.5
H <sub>2</sub>	5000 ppm	0.5

Aldehídos	5	0.0005
-----------	---	--------

*Nota. Fuente: Anexo 38, D.S. 023 – EM-2017*

### 2.2.1.5. Caudal de aire necesario en una operación minera.

El caudal de aire requerido en las áreas de trabajo, están definidos en los estándares de las normas legales del reglamento de seguridad y salud ocupacional del D.S. 024- 2016-EM – (y su modificatoria - 023-2017-EM). Como indica en la tabla número 2.

*Tabla 3: Caudal requerido según la altitud de m.s.n.m.*

<b>Necesidad de Aire a Diferentes Alturas</b>	
De 1500 m.s.n.m.	3 m <sup>3</sup> /min
De 1500 m.s.n.m. a 3000 m.s.n.m.	4 m <sup>3</sup> /min
De 3000 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m.	5 m <sup>3</sup> /min
4000 m.s.n.m.	6 m <sup>3</sup> /min

*Nota. Fuente: Anexo 38, D.S. 023 – EM – 2017*

### 2.2.1.6. Requerimiento de aire en labores subterráneas

Considerando del Anexo 38 del D.S. 023 – EM – 2017, nos facilita realizar los cálculos de manera eficiente para obtener el aire requerido que se realizará de la siguiente manera:

#### **Requerimiento de aire total (QTo).**

Dentro de las operaciones mineras subterráneas según las necesidades que se requiere para los equipos mineros de combustión interna que funcionan a diésel, la cantidad de aire de requerido en las labores subterráneas serán calculados según el art. 252 del D.S. – 024 – EM – 2016, con la siguiente fórmula:

$$Q_{TO} = A_{T1} + Q_{FU}$$

Donde:

QTo = Caudal total para la operación.

QT1 = La sumatoria de caudal requerido por:

a) el número de trabajadores (QTr),

- b) El consumo de madera (QMa),
- c) Temperatura en labores de trabajo (QTe),
- d) Equipos con motor petrolero (QEq)

QFu = 15% del QT1

A estos efectos, previamente debe determinarse lo siguiente”(D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 315).

**a) Caudal requerido por el número de trabajadores (QTr)**

$$QTr = F \times N$$

(m<sup>3</sup>/min)

Donde:

QTr = Caudal total para “n” trabajadores (m<sup>3</sup>/min);

F = Caudal mínimo por persona de acuerdo a escala establecida en el artículo 247 del reglamento;

N = Número de trabajadores de la guardia más numerosa.

**b) Caudal requerido por el consumo de madera (QMa)**

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

Donde:

QMa = Caudal requerido por toneladas de producción (m<sup>3</sup>/min)

u = Factor de producción, de acuerdo a escala establecida en el segundo párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento;

T = Producción en toneladas métricas húmedas por guardia.

*Tabla 4: Fuente: Anexo 38. D.S. 023 – EM – 2017*

<b>Factor de Producción de Acuerdo al Consumo de Madera</b>	
Consumo de madera (%)	Factor de producción (m <sup>3</sup> /min)
<20	0.00
20 a 40	0.60
41 a 70	1.00
>70	1.25

**Nota.** Fuente: Anexo 38, D.S. 023 -EM-2017

**c) Caudal de aire por temperatura en labor de trabajo (QTe).**

Según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (2016) se tiene que:

$$QTe = Vm \times A \times N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

QTe = Caudal por temperatura (m<sup>3</sup>/min);

Vm = Velocidad mínima;

A = Área de la labor promedio;

N = Número de niveles con temperatura mayor a 23°C, tercer párrafo del literal d) del artículo 252 del reglamento.”

*Tabla 5: Anexo 38, D.S. 023 - EM – 2017*

<b>Velocidad Mínima</b>	
Temperatura seca	Velocidad mínima (m/min)
<24	0.00
24 a 90	30.00

*Nota. Fuente: Anexo 38, D.S. 023 – EM-2017*

**d) Caudal requerido por equipo con motor Petrolero (QEq)**

De igual manera según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (2016) se tiene que:

$$QEq = 3 \times HP \times Dm \times Fu \text{ (m}^3\text{/min)}$$

Donde:

QEq = Volumen de aire necesario para la ventilación (m<sup>3</sup>/min);

HP = Capacidad efectiva de potencia (HPs);

Dm = Disponibilidad mecánica promedio de los equipos (%);

Fu = Factor de utilización promedio de los equipos (%).

**e) Caudal requerido por fugas (QFu)**

La presente fórmula que está establecido para realizar los cálculos de caudal requerido por fuga de aire del presente reglamento D.S. 024 -2016 – EM.

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

Donde:

$$Q_{T1} = Q_{Tr} + Q_{Te} + Q_{Ma} + Q_{Eq}$$

**f) Requerimiento de aire total (Q<sub>TO</sub>)**

según el inciso d) del art. 252 del presente reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, donde indica cuando no se emplean equipos que funcionan de combustión interna con motores a diésel se tendrá que calcular, considerando la siguiente formula.

$$Q_{TO} = A_{T1} + Q_{FU}$$

Donde:

Q<sub>TO</sub> = Caudal total para la operación

Q<sub>T1</sub> = La sumatoria de caudal requerido por:

a) el número de trabajadores (Q<sub>Tr</sub>),

b) el consumo de madera (Q<sub>Ma</sub>),

c) temperatura en labores de trabajo (Q<sub>Te</sub>)

Q<sub>Fu</sub> = 15% del Q<sub>T1</sub>”

A estos efectos, previamente debe determinarse lo mismo que los puntos a), b), c) y e) del caso anterior, pero se debe incluir, según el Reglamento (2016):

**g) Caudal requerido por consumo de explosivo (Q<sub>Ex</sub>)**

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

Donde:

Q<sub>Ex</sub> = Caudal de aire explosivo (m<sup>3</sup>/min)

A = Área promedio de labores (m<sup>2</sup>);

V = Velocidad mínima requerida según norma (m/min);

N = Número de niveles en voladura.

## **2.2.2. Descripción de la unidad minera Cobriza**

La Mina Cobriza está ubicada en el distrito de San Pedro de Coris, Provincia de Churcampa, Departamento de Huancavelica; y a una elevación comprendida entre 2,100 a 2,700 msnm, las labores mineras sobre el manto mineralizado están ubicadas en la margen izquierda del río Mantaro; sus coordenadas geográficas son: 74° 24' longitud oeste y 12° 34" latitud sur la topografía es bastante accidentada, lo cual hace difícil el acceso y prolonga la distancia de la carretera entre La Oroya y Cobriza a 360 Km siendo ésta en línea recta 190 Km(Lloclla et al., 2012, p. 2)

El clima es variado, cálido en las inmediaciones al río Mantaro, templado a altitudes intermedias y frígido en las cumbres del valle, lo cual permite que la vegetación sea variada, especialmente en épocas de lluvias.

### **2.2.2.1. Geología**

#### **Geología General**

En el distrito minero de Cobriza afloran ampliamente rocas sedimentarias de edad carbonífera a jurásica, representadas por las pizarras y calizas del grupo Tarma y Copacabana, clastos del grupo Mitu y calizas del grupo Pucará. La tectónica andina se manifiesta por la presencia de pliegues destacando el anticlinal de Coris, el cual fue perturbado por numerosos sistemas de fallas y fracturas de carácter regional y local, Las rocas intrusivas en el área de Cobriza están representadas por un cuerpo granítico de dimensiones batolíticas, numerosos diques y sills andesíticos y básicos, y stocks de monzonita y diorita cuarcífera(Lloclla et al., 2012)

### **2.2.2.2. Yacimiento de mineral**

La mineralización es un típico reemplazamiento meta somático de minerales principalmente de cobre y hierro dentro de una ganga de silicatos, adquiriendo la forma estratiforme, con bandeamientos finos hacia la caja piso y gruesos hacia la caja techo (características originales de la caliza Cobriza). Las concentraciones de lentes económicos están controladas por la intersección de procesos físicos



- químicos, la mineralogía consiste principalmente de minerales metálicos como la chalcopirita, pirrotita, arsenopirita, magnetita, hornblenda, granates y hornfels; la esfalerita, galena y bismutina se encuentran en cantidades subordinadas.

La alteración en las rocas de caja se manifiesta por la recristalización de la caliza y la silicificación y moderada piritización de las pizarras.(Lloclla et al., 2012).

### **2.2.2.3. Descripción general de la mina**

La producción actual de la Mina es de 4,200 Tm./día de mineral de cobre. Esta producción se mantiene gracias a la ejecución de los proyectos logrados de este año 2019.

La Mina está dividida en dos grandes zonas denominadas “Alta” y “baja”. El mineral de la Zona Alta se transporta con locomotoras Eléctricas y carros mineros de 22 TM de nivel 28 hacia la Planta Concentradora(Lloclla et al., 2012, p. 3).

De zona baja el mineral es izado por el pique, desde el nivel 10 al nivel 28 luego es transportado por locomotoras hacia la planta concentradora.(Lloclla et al., 2012, p. 3).

### **2.2.2.4. Método de explotación corte y relleno ascendente.**

En la Mina Cobriza se aplica el método de corte y relleno ascendente mecanizado, utilizando relleno hidráulico y convencional, respectivamente relave clasificado y material detrítico constituido por pizarras.(Şenocak, 2019, p. 4).

Este método consiste en cuatro etapas: desatado y perforación, relleno, voladura, y limpieza. “El diseño se plantea priorizando la necesidad de mantener el grado de mecanización de las operaciones”(Lloclla et al., 2012)

En condiciones normales de diseño, el método de explotación aplicado, según las características del yacimiento, es adecuado;

permite obtener parámetros altos de productividad, baja dilución y recuperar las reservas minerales próximas a la caja piso en más del 50%.



*Figura 3: Ciclo de minado en la unidad minera*

“Hasta el nivel 10 la explotación del manto Cobriza se realizó dentro de los parámetros normales de diseño de los tajeos, es decir los zig zags que los limitaban contaban con su respectivo echadero y una chimenea de servicios de 7 pies y 5 pies de diámetro respectivamente. Los tajeos se iniciaron a partir de un subnivel dejando 10 metros de puente sobre el nivel inferior. Bajo estas condiciones el acarreo de mineral se hacía directamente a los echaderos con Scooptrams ST-13, y el transporte con locomotoras diesel hacia el echadero principal del pique”(Lloclla et al., 2012). Al profundizar la explotación por debajo del Nivel Cero se tuvo que implementar el acarreo con ST-13 y camiones de 30 y 36 toneladas para llevar el mineral hasta los echaderos que se encuentran en los niveles 10 y 28. Las demás operaciones unitarias continúan siendo normales según las condiciones de explotación anteriores (Lloclla et al., 2012)

### 2.2.3. Diseño de labores

El ciclo de avance en frentes comprende tres etapas fundamentales de operación: Perforación – Voladura – limpieza.

#### a) Galerías principales:

Generalmente se construyen en el manto cerca al contacto de la caja piso y paralela a la dirección del mismo. La diferencia de cota entre dos galerías es de 90 metros y tienen las siguientes características:

#### b) Galería principal de extracción:

Es el Nivel 28 por donde se extrae el mineral de la mina hacia la planta Concentradora de Pampa de Coris

Sección: 12.00 x 5.00 metros

Gradiente: 0.04 %

#### c) Galería principal propiamente dicha:

Son los demás niveles a parte del Nivel 28 (10-19-37-42-51-60-70), sirven de acceso a los Tajeos

Sección: 6.00 x 4.00 metros

Gradiente: 2 – 3 %

#### Cruceros

Se construyen en forma perpendicular a la dirección del manto

Sección: 6.00 x 4.00 metros o 5.00 x 4.00 metros.

Gradiente: - 2 %

#### d) Labores de desarrollo

A partir de la galería principal, se construyen el zigzag cada 500 metros. Cada zigzag cuenta con su respectivo echadero de mineral de 7 pies de diámetro y una chimenea para la ventilación y para los servicios mina se perforan con DTH de 7 pies de diámetro.(Şenocak, 2019, p. 12)

#### e) Labores de preparación

Determinada la longitud del tajeo entre zigzags con un promedio de 500 metros y una diferencia de cota de 90 a 100 metros, se construye un subnivel dejando un puente de 10 metros sobre el nivel inferior. El tajeo queda listo

para su explotación cuando el subnivel ha comunicado a ambos zigzags.(Şenocak, 2019)

En algunas preparaciones se realiza un BY PASS por la caja techo del manto y paralelo al subnivel desde donde se iniciará la explotación.

- **Subniveles:**

Se construye en paralelo al rumbo del manto y guiado por el contacto de la caja piso del mismo

Sección: 5.00 x 4.00 metros

Gradiente: Horizontal

**f) Cámaras para raise bore:**

Son cruceros contruidos hacia la caja techo del manto y se ensanchan para ubicar la maquina Raise Bore

Sección: 8.00 x 7.00 metros

Longitud: 12.00 metros.

**g) Chimeneas raise borer:**

Existen tres tipos de chimeneas: Echadero de mineral, de servicio-ventilación, y de relleno

Sección: 7 pies de diámetro

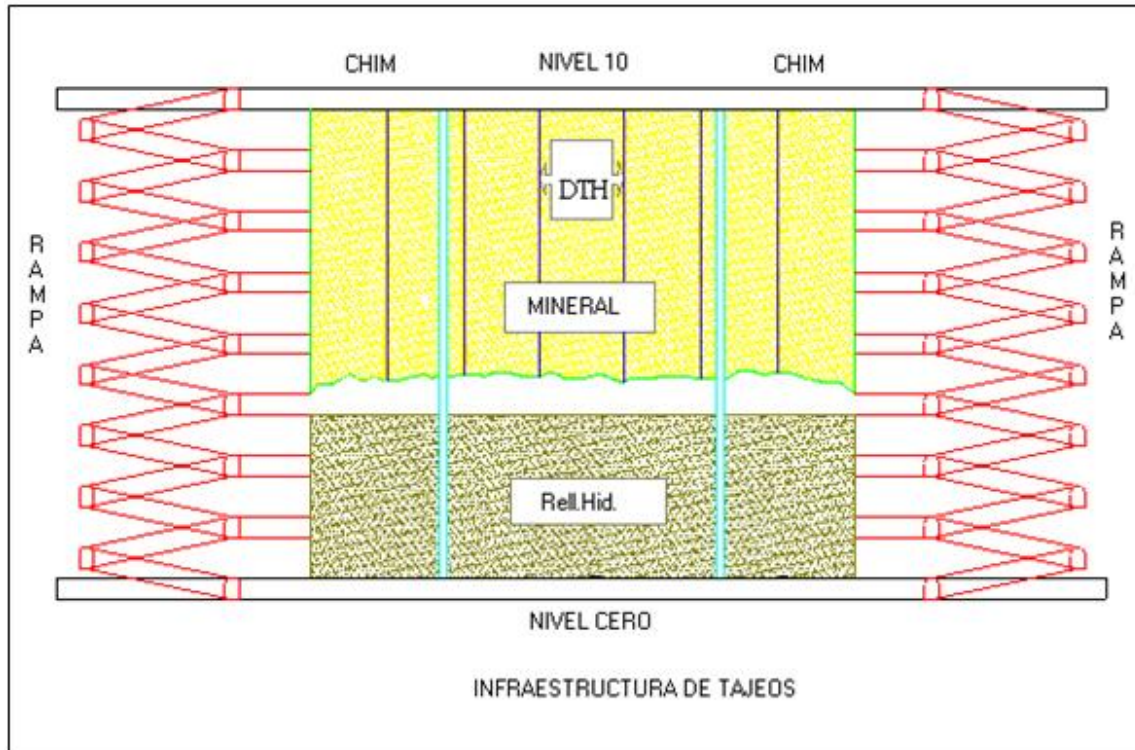
Inclinación: 45° - 60°.

En las chimeneas de servicio se instalan escaleras, tuberías de agua, aire y de R/H e instalaciones eléctricas.

Las chimeneas de ventilación y relleno, tienen las características de echadero de mineral y en cada tajeo se prepara dos a una distancia de 120 metros.

**h) Huecos DTH:**

Para transportar el relleno hidráulico desde los niveles 28 y 10 hacia los Tajeos de los niveles inferiores se perforan 3 o 4 huecos DTH de 6 ½pulgadas. En la figura siguiente se puede visualizar la manera que se realizan las instalaciones para poder rellenar un tajo ya explotado.



*Figura 4: Método de explotación de corte relleno ascendente*

#### **2.2.4. Marco legal**

En el presente reglamento 024 menciona los límites permisibles para poder trabajar de manera segura en toda actividad minera en cuanto al termino de ventilación de calidad de aire se tiene que cumplir los artículos 246 al 257, como lo indica la norma legal del cumplimiento de la ventilación en las labores subterráneas. El cumplimiento garantiza la seguridad del trabajador y mayor producción en ámbito de ciclo de minado.

En el presente reglamento que determina en sistema de ventilación para el sector minero el titular tiene la obligación de cumplir con las normas legales una vez que las condiciones sean de manera segura podrá operar de manera eficiente salvaguardando la seguridad y su integridad del todo el personal que trabaja en la unidad minera cobriza incluyendo a todo las empresas conexas contratistas que prestan servicio para la unidad, para ello el sistema de ventilación tendrá que ser de manera eficiente que la calidad y cantidad de aire fresco tendrá que circular en toda las labores subterráneas deberá mantenerse

dentro de los límites permisibles para poder realizar cualquier actividad como estipula el decreto supremo 024. Como indica en el anexo N° 15.

- a)** Antes de ingresar a cualquier labor a realizar cualquier tipo de actividad el trabajador tendrá que recibir una orden de trabajo, mientras tanto nadie podrá ingresar sin haber realizado las evaluaciones del oxígeno y de la misma forma de los gases como el dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono. Producto de la voladura y de los equipos que funcionan a combustión interna diésel. Son gases que existen mayormente en las labores subterráneas.
- b)** En todas las labores subterráneas se mantendrá una circulación de aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo con el número de trabajadores, con el total de HPs de los equipos con motores de combustión interna, así como para la dilución de los gases que permitan contar en el ambiente de trabajo con un mínimo de 19.5% de oxígeno (D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 141).
- c)** Las labores de entrada y salida de aire deberán ser absolutamente independientes. El circuito general de ventilación se dividirá en el interior de las minas en ramales para hacer que todas las labores en trabajo reciban su parte proporcional de aire fresco, evitando toda recirculación de aire (D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 141).
- d)** Cuando la ventilación natural no sea capaz de cumplir con los artículos precedentes, deberá emplearse ventilación mecánica, instalando ventiladores principales, secundarios o auxiliares, según las necesidades (D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 142).
- e)** Los ventiladores principales, secundarios y auxiliares serán instalados adecuadamente, para evitar cualquier posible recirculación del aire. No está permitido que los frentes de desarrollo, de chimeneas y labores de explotación sean ventiladas con aire usado (D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 142).
- f)** En labores que posean sólo una vía de acceso y que tengan un avance de más de sesenta metros (60 m), es obligatorio el empleo de ventiladores

auxiliares. En longitudes de avance menores a sesenta metros (60 m) se empleará también ventiladores auxiliares sólo cuando las condiciones ambientales así lo exijan. En las labores de desarrollo y preparación se instalará mangas de ventilación a no más de quince metros (15 m) del frente de disparo (D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 142).

Cuando existan indicios de estar cerca de una cámara subterránea de gas o posibilidades de un desprendimiento súbito de gas, se efectuará taladros paralelos y oblicuos al eje de la labor, con por lo menos diez metros (10 m) de avance. También establece los límites máximos permisibles de los gases tóxicos que encuentran dentro de la mina, así como otros de cumplimiento obligatorio en resguardo de la seguridad y salud ocupacional del trabajador minero (D.S. N° 023-2017-EM, 2017, p. 142).

### **2.2.5. Software de ventilación**

El software más utilizado en la minería subterránea para diseño y simulaciones de ventilación es Ventsim Visual. Donde el sistema de ventilación ha sido uno de los factores que siempre han causado mayores preocupaciones en toda unidad minera subterránea durante las décadas que empezó las obras de construcción de túneles subterráneos, por ello la necesidad del hombre ha obligado de evolucionar en las investigaciones en los último 40 años, donde las tecnologías ahora nos facilitan de realizar de manera más ergonómica.

Incluso cuando el software de ventilación computacional permitía la simulación de grandes modelos de ductos subterráneos, el proceso de ingresar los datos e interpretar los resultados, seguía siendo un trabajo para los expertos del área. Ventsim Visual busca hacer del diseño y simulación de una red de ventilación minera un proceso abordable por cualquier ingeniero en minas o funcionario de ventilación, incluso para personas sin vasta experiencia en el área (Visual, n.d., p. 16).

- a) “Ventsim Visual Standard ofrece al usuario herramientas para:
  - Esta herramienta determina los caudales y presiones necesarios que puedes obtener un registro real.

- También se puede hacer simulaciones en casos hipotéticos de nuevos proyectos
  - Obtener un resultado después de las simulaciones del circuito de calidad de aire para seleccionar el tipo de circuito de ventilación de la mina.
  - Puede hacer la evaluación económica de las distintas opciones de ventilación.
  - Simular la distribución y concentraciones de humo, polvo o gas, para el planeamiento de las labores subterráneas o en situaciones de urgencia
- a) Ventsim Visual Advanced ofrece herramientas adicionales para:
- Llevar a cabo un completo análisis termodinámico de calor, humedad y refrigeración en minas subterráneas,
  - Tomar en cuenta la compresibilidad del aire en minas muy profundas
  - Analizar múltiples opciones de tamaño de los ductos de ventilación, tanto para establecer la capacidad de ventilación como los costos de los mismos.
  - Mostrar análisis dinámicos en el tiempo de contaminantes, gas, gases diésel o calor que se expande por una mina a partir de diferentes actividades
  - Provee una herramienta para verificar las recirculaciones de aire en la mina
  - Simular concentraciones de Emisiones de Partículas Diésel a través de la mina
- b) Ventsim Visual Premium ofrece herramientas adicionales para:
- Simular de manera dinámica y simultánea múltiples parámetros de ventilación (contaminantes, gas, gases diesel, calor y flujo de aire), además de la simulación de calor y gases producto del fuego. Los modelos se pueden programar para su auto modificación durante la simulación. Esta herramienta se llama VentFIRE.



- Ventlog: Un programa de software separado para registrar y almacenar los datos de ventilación medidos de áreas subterráneas. Ventsim Visual puede vincularse a estos datos y mostrarlos dentro de un modelo 3D. Esta herramienta se llama Ventlog (Visual, n.d., p. 16).

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Ventilación de minas**

Es la circulación de aire en las labores subterráneas que tiene que ser con un caudal suficiente como para poder diluir los gases y polvos de la mina productos de las mismas operaciones y de la misma manera para poder disminuir las temperaturas exotérmicas. Por ende, todo sistema de ventilación mecánica tiene un costo por consumo de energía eléctrica a la raíz que todas las ventiladoras funcionan con motores eléctricos el consumo será según la capacidad del motor de cada ventilador.

### **2.3.2. Ventilación natural**

Para poder tener una óptima ventilación natural tiene que existir una diferencia de temperaturas atmosféricas según la altitud de m.s.n.m, esto indica que la entrada de aire fresco tiene que ser por la bocamina menor altitud de msnm y la salida puede ser por la bocamina, galerías o chimeneas, piques etc. Pero que sea a mayor altitud al respecto al otro sobre m.s.n.m. al respecto al otro. La velocidad de aire no será menor de 20 m/min.

### **2.3.3. Ventilación artificial**

La ventilación artificial mayormente es empleada por que las labores subterráneas ya superan de mayor consideración pues esto ya no permite de utilizar una ventilación natural, por ende, en este caso se emplea ventiladores mecánicas de manera artificial para poder inyectar aire de manera forzada a toda la labor yacía mediante chimeneas de RB o mediante mangones. Para ello también se tendrá que ser utilizada una ventiladora extractora para extraer todo el aire viciado de las labores subterráneas, para ventilar frentes ciegos se utilizaran ventiladoras de menor capacidad y serán inyectados mediante mangas de ventilación. Las mangas de ventilación estarán de tope

del frente a 15 metros de distancia como estipula el reglamento de seguridad y salud ocupacional.

#### **2.3.4. Agentes físicos**

Los agentes físicos son concentraciones de la energía que pueden ocasionar cambios al momento de hacer un contacto con personas o equipos. En caso de las energías mecánicas, se determina en forma de ruido y vibraciones. En el caso de energía calorífica, de manera frío o calor. En las energías electromagnéticas, podemos determinar de forma de radiaciones como infrarroja, ultravioleta, láser y rayos etc.

#### **2.3.5. Agentes químicos**

Son agentes con potencialidad de causar daño a la persona. Los gases que existen en las labores subterráneas son muy peligrosos para los trabajadores, esto puede causar daño a la salud o muerte. Los gases que existen son: el CO producto de la operación de los equipos que funcionan a combustión interna diésel, NO<sub>2</sub> gases producto de la voladura, CO<sub>2</sub> gas anhídrido carbónico, H<sub>2</sub>S anhídrido sulfuroso, NO+NO<sub>2</sub> ácidos nitrosos, son gases más frecuentes que mayor existen en las minas peruanas.

#### **2.3.6. Límites máximos permisibles.**

Son las determinaciones de las concentraciones de grado de los elementos, que pueden ser de sustancias de parámetros químicos, físicos y biológicos, que se caracterizan a unos afluentes o una emisión, al ser excedida que podría ser perjudicial para la salud del ser humano y también para el medio ambiente. las fiscalizaciones competen a las identidades públicas, en este caso al ministerio del Ambiente y los organismos que conforman del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

### 2.3.7. Términos y definiciones de las unidades

Los términos y definiciones que se utilizaran en esta investigación se pueden ver en la siguiente tabla.

*Tabla 6: Anexo 38, D.S. 023 - EM – 2017*

N°	Unidades	Definiciones
1	CFM	Es una unidad de medida inglesa (no incluida en el Sistema Internacional de Unidades), que mide el caudal o flujo de un gas o líquido, indicando el volumen, en pies cúbicos, que pasa por una sección determinada, en la unidad de tiempo, minuto.
2	m <sup>3</sup>	El metro cúbico es una unidad de volumen. Un metro cúbico es el volumen de un cubo de un metro de arista. El símbolo de metro cúbico es m <sup>3</sup> .
3	Pie <sup>3</sup>	El pie cúbico es una unidad de volumen, equivalente al volumen de un cubo de un pie de lado. Su abreviatura es ft <sup>3</sup> o cu ft.
4	m <sup>2</sup>	El metro cuadrado es la principal unidad superficie. Un metro cuadrado es el área de un cuadrado cuyos lados miden un metro de largo. El símbolo de metro cuadrado es m <sup>2</sup> .
5	HP	Es un caballo de fuerza es una unidad de medida de potencia, perteneciente al sistema de medición inglés con el nombre horsepower ('caballo de potencia'). Su símbolo es HP

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación.**

El método de investigación usado en el presente estudio es el método aplicada, en el cual, se podrá concluir los problemas de carácter científico utilizando técnicas procedimientos de manera organizada y sistematizada, que engloba planear, resolver los objetivos y sustentar la formulación de problema, formulación de hipótesis, elegir técnicas e instrumentos de manera adecuada para realizar la investigación, recoger datos, examinar y analizar los resultados y teniendo una conclusión final.

##### **3.1.1. Tipo de investigación.**

El tipo de investigación utilizado es aplicativo, ya que se preocupa por la utilización de diferentes conocimientos científicos, producto de la investigación aplicada. el propósito fundamental es dar solución al problema principal realizando un diagnostico técnico del estado actual, evaluando los veneficios de la propuesta y costos para optimizar los procesos de la producción, se desarrollará buscando técnicas, métodos, instrumentos o materiales para realizar la propuesta técnica económica de mejora para el diseño del sistema de ventilación principal.(Baltzar, 2016, p. 108)

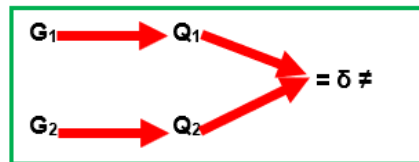
### 3.1.2. Nivel de Investigación.

En cuanto al nivel de investigación es descriptivo, porque describe la propuesta técnica económica del diseño de sistema de ventilación mecánica explicando el motivo que influyen en las redes de ventilación mecánica en cuanto a la calidad de aire es muy deficiente en las labores de profundización en la unidad minera cobriza.

### 3.2. Diseño de la Investigación

#### La presente investigación fue descriptiva

El diseño de la investigación es descriptivo y poder determinar el efecto que ocasiona al diseño del sistema de ventilación mecánica en la mejora de la calidad de aire en las labores de profundización. cuyo diseño es el siguiente.



G1= Muestra 1

G2= Muestra 2

Q1=Observación 1

Q2=Observación 2

### 3.3. Población y muestra.

La población se refiere al conjunto o totalidad de la calidad de aire en todas las labores de la unidad minera cobriza y la muestra es una parte seleccionada previamente de la población y que es representativa de la misma.

#### 3.3.1. Población

La población para la presente investigación está constituida por la calidad de aire en todas las labores de la unidad minera Cobriza.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra se determinó por azar simple debido a que es representativa de la población, y se determinó de la siguiente manera:

La muestra está conformada por las mediciones de la calidad del aire en la Rampa 4800. Galería Nv. -130, -200, de los Niveles 1800 en adelante.

### **3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.**

#### **3.4.1. Técnicas**

En el presente estudio se señalan las técnicas de recolección de datos por monitorio de calidad de aire. en este caso las mediciones serán en diferentes puntos del perímetro de cada labor para poder obtener un resultado exacto y poder analizar y determinar los resultados obtenidos de cada monitorio.

#### **3.4.2. Recolección de datos.**

Para poder recolectar los datos de la medición de la calidad de aire, se utilizó instrumentos de medición como detectores de gases, fichas de observación de la muestra. Además, se utilizó los reportes, y la distribución de los equipos de combustión interna diésel de acuerdo a sus disponibilidades, potencia (HP), de igual manera, la distribución de todo el personal de mina para realizar un cálculo exacto de las necesidades de la cantidad de aire.

De la misma manera se determinó las evaluaciones de la medición en el campo, del caudal requerido para realizar el balance del aire y cobertura requerida.

##### **a) Mediciones del caudal de Aire**

Para poder determinar la cantidad del caudal requerido de aire que se necesita para poder inyectar mediante las mangas hacia los frentes ciegos se utiliza la siguiente formula:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q= Caudal, P<sup>3</sup>/min (m<sup>3</sup>/min)

V= velocidad media, p/min (m/s)

Área = m<sup>2</sup>

### **3.4.3. Instrumentos utilizados para el monitorio de la calidad del aire.**

Para poder realizar el monitoreo de la calidad de aire se utilizaron los siguientes equipos de medición.

#### **a) Areámetro**

Este instrumento se utiliza para determinar el cálculo de caudales a través de conductos, tuberías, campanas y pilas (comúnmente llamados conductos para nuestros propósitos). El área transversal del conducto se multiplica por la velocidad media del fluido para encontrar el volumen por tiempo o caudal.

#### **b) Anemómetro de rueda alada**

El instrumento se utiliza para poder medir las velocidades del aire que circula en las labores, este equipo sirve para determinar la velocidad instantánea del aire, pero las ráfagas del aire desvirtúan las mediciones exactas, pero a medida que se va evaluando más acertada es el valor medio de la medición que se evalúan en el campo dentro de los intervalos de 10 minutos.

#### **c) Detector de gas Atair 4x4.**

Este instrumento es un aparato que sirve para detectar los gases nocivos y gases tóxicos existentes en el aire dentro de las labores subterráneas, producto de la voladura y de los motores diésel de los equipos mineros. Cuando este aparato detecta algún tipo de gas que esté fuera del límite permisible, da una señal óptica y acústica para prevenir las causas que pueden ocurrir producto del gaseamiento.

#### **d) Tubo de humo.**

Este instrumento es un tubo de vidrio o plástico que desprende humo cuando el aire entra en contacto con una sustancia química que está en el interior del tubo.

Se usa cuando el flujo del aire no mueve las aletas del anemómetro no es posible tomar la medida, se puede utilizar entonces el tubo de humo.



Figura 5: Usos de Instrumentos de medición en ventilación subterránea

#### e) Potencia del ventilador

La potencia real de los ventiladores realizada mediante las siguientes fórmulas.

$$HP_a = \frac{H_T * Q}{6350}$$

$$n = \frac{HP_a}{BHP}$$

Donde:

HP<sub>a</sub> = Potencia efectiva del ventilador, HP (caballos de fuerza)

HP = potencia del motor (energía consumida), HP

n = eficiencia del ventilador.

#### 3.4.4. Fase de Gabinete.

Procedimiento de los datos obtenidos en campo se realizó en gabinete para la presentación de los resultados.

#### 3.4.5. Técnicas de procesamiento de datos.

Los datos obtenidos de diferentes técnicas mencionados anteriormente son accionados y analizados por computadoras.

Donde se realizó mediante la investigación descriptiva y los datos recolectados en el campo son tabulados y después descritos con la finalidad de realizar el análisis de los mismos.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1. Diagnóstico del sistema actual de la ventilación principal en mina.

El sistema actual de ventilación de la minera en referencia, cuenta con dos tipos de ventiladores mecánicos:

- 01 ventilador principal
- 15 ventiladores secundarios.

##### 4.1.1. Estaciones de ventilación mecánica principal.

En esta estación, se cuenta con un ventilador principal inyector de aire fresco de 300,000 CFM y por 03 Ventiladores Extractores de 300,000 CFM respectivamente, los cuales generan la depresión en el circuito de ventilación. Los aforos de extracción se realizan por 3 puntos de salida del aire viciado como se puede ver en el Plano isométrico de la figura N° 06.

*Tabla 7: Estación principal de ventilación*

Código ventilador	Zona	Caudal (CFM)	Potencia (HP)	Tipo	% Humedad H <sub>2</sub> O
12	III	300,000	400	Inyector Principal	-
11	Alta	300,00	400	Extractor Principal	5.25
10	III	300,00	400	Extractor Principal	5.25
9	V	300,00	400	Extractor Principal	5.25

**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

#### 4.1.2. Estaciones de ventilación secundaria.

En estas estaciones, se cuenta con 12 ventiladores ubicados en diferentes zonas de acuerdo a las necesidades operativas como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 8: Ventiladores en estaciones secundarias.*

<b>Código Ventilador</b>	<b>Zona</b>	<b>Caudal (CFM)</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>% Humedad H<sub>2</sub>O</b>
15	Alta	200,00	400	-
19	Alta	50,000	75	-
21	Alta	40,000	60	-
2	III	50,000	125	15.6
8	III	75,000	100	7.1
12	III	60,000	125	8.5
23	III	50,000	100	6.86
38	III	75,000	100	7.1
6	V	50,00	100	6.86
7	V	100,000	250	-
37	V	75,000	100	7.1
39	V	75,000	100	7.1

**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

### 4.1.3. Medición de termo ambientales y gases de mina

Para determinar el diagnóstico del sistema actual de ventilación, se evaluó las condiciones termo-ambientales de las diferentes zonas de trabajos en interior mina por 6 meses, identificando oportunidades de mejora para la propuesta de un nuevo diseño del sistema de ventilación.

En la siguiente tabla se muestra los resultados promediados de las concentraciones de los gases de O<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y temperaturas de las diferentes zonas de mina, los cuales se obtuvieron por medio del uso de equipos de detección y medición de gases.

*Tabla 9: Concentración de gases por zonas*

<b>Zona</b>	<b>Promedio O<sub>2</sub> (%)</b>	<b>Promedio CO (ppm)</b>	<b>Temp. °C</b>	<b>Promedio NO<sub>2</sub> (ppm)</b>	<b>Promedio CO<sub>2</sub> (%)</b>	<b>Vel. Prom (m/min)</b>
<b>I</b>	20.1	35.2	20	0.7	0.12	35.62
<b>III</b>	19.0	29.6	48	0.8	0.14	28.10
<b>V</b>	19.2	30.4	38	0.5	0.11	30.65
<b>Prom.</b>	<b>19.4</b>	<b>31.7</b>	<b>35.3</b>	<b>0.7</b>	<b>0.12</b>	<b>31.5</b>

*Nota.* Fuente: elaborado por el autor.

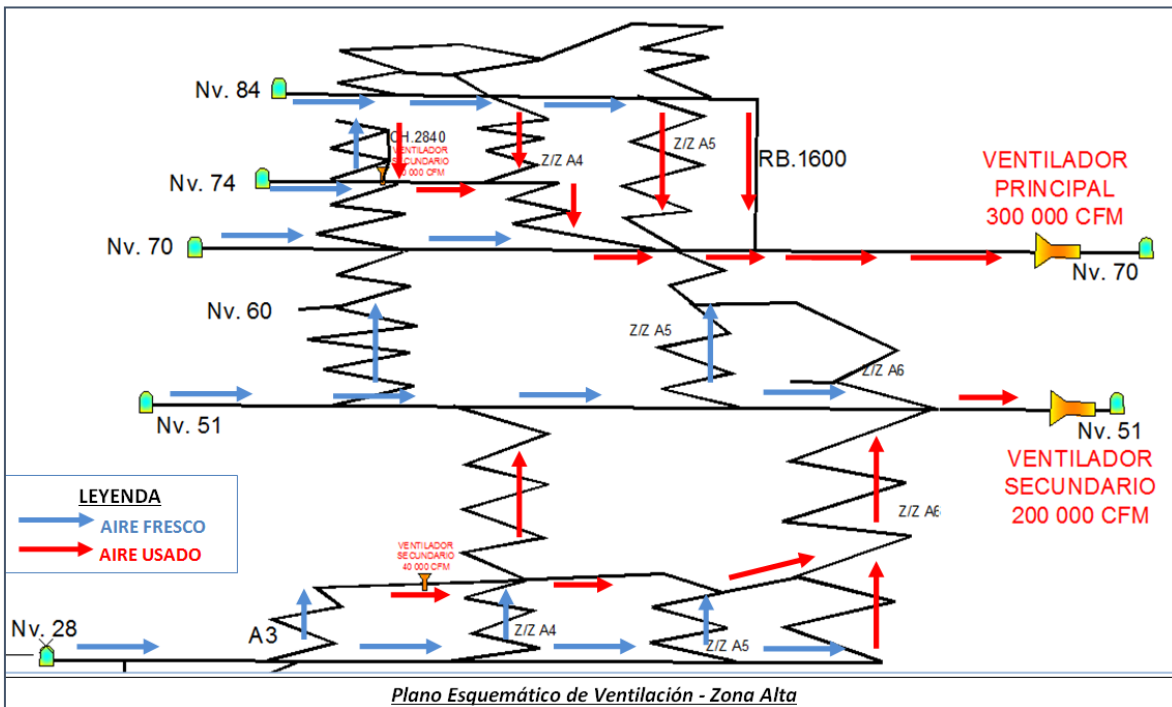
En la tabla N° 09 se puede ver la presencia de los gases de la mina durante el diagnóstico situacional actual del sistema de ventilación, donde se obtiene un promedio de todos los gases encontrados en la mina, se puede ver que se encuentran fuera del LMP según el RSSO anexo 38. De la misma manera se aprecia que la temperatura de confort en el lugar de trabajo, se debe considerar en el cálculo del requerimiento de aire una velocidad mínima de 30 m/min, cuando la temperatura se encuentre en el rango de 24°C hasta 29°C como máximo. como se muestra en la siguiente tabla N° 10 del presente D.S 023.

Tabla 10: Límites permisibles de gases

GAS	En ppm	%
O2	-	19.5 mínimo
CO	25	0.0025
NO2	5 ppm	0.0005
CO2	5000 ppm	0.5
SO2	5 ppm	0.0005
H2S	10 ppm	0.001
CH4	5000 ppm	0.5
H2	5000 ppm	0.5
Aldehídos	5	0.0005

**Nota.** Fuente: Anexo 38, D.S. 023 – EM-2017

En siguiente plano isométrico se muestran los 09 Puntos de Ingreso de Aire fresco.



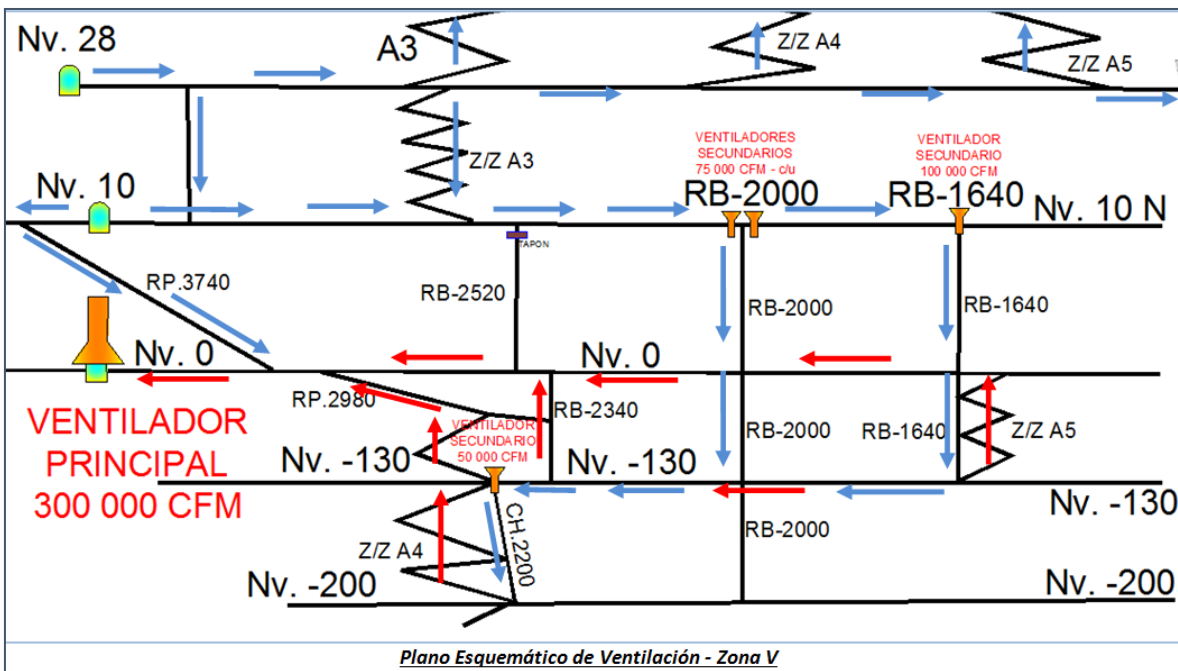
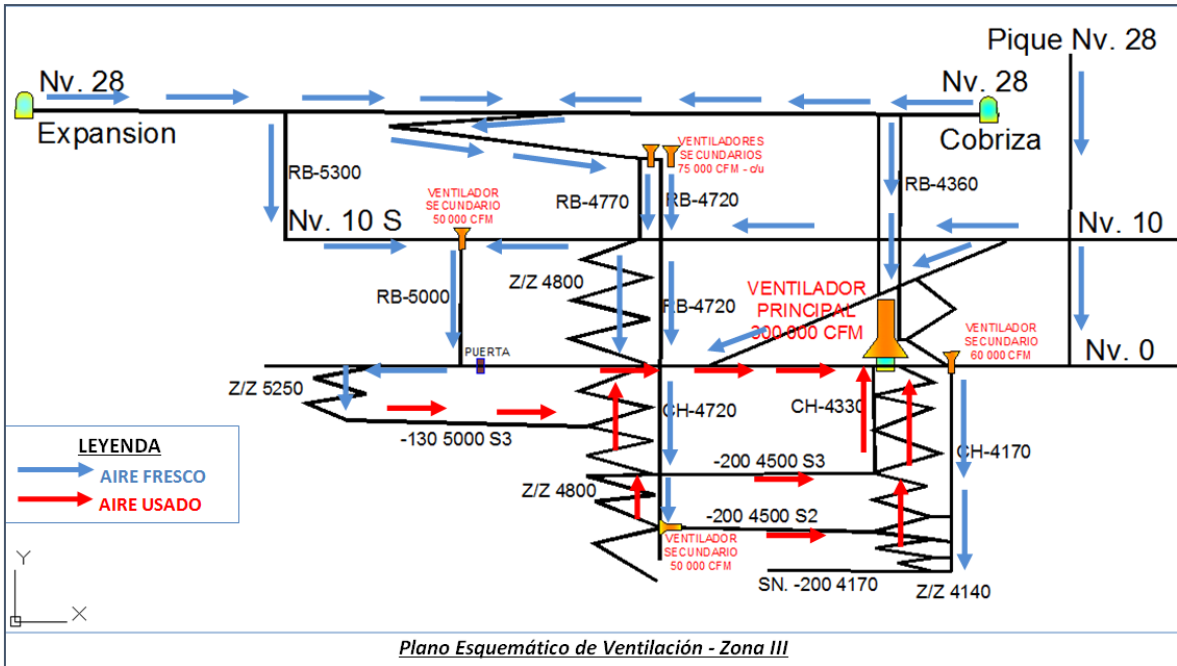


Figura 6: Plano isométrico de ventilación principal de la unidad

En el plano isométrico del sistema de ventilación principal se muestra las principales ingresos y salidas del aire. Se puede observar los ventiladores extractores que están ubicados en las bocaminas del Nv. 70, Nv. 51 y Nv. 0 con una capacidad de 200,000 a 300,000 CFM.

#### 4.1.4. Balance general de aire del sistema de ventilación actual

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la situación actual del balance de aire.

*Tabla 11: Balance general actual de ingreso de aire en mina*

Estación	Labor	V. Promedio (m/min)	Área (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /min)	Q (CFM)
I-1	28 N – BM/Cobriza	162.00	29.06	4,707.80	166,251
I-2	28 N – BM/SS.EE	220.00	14.60	3,212.75	113,454.98
I-3	28 S – BM/ Expansión	108.00	17.74	1,915.87	67,657.04
I-4	28 S – BM/ Cobriza	206.00	29.12	5,998.99	211,848.26
I-5	10 N – BM/ Cobriza	296.00	16.58	4,908.99	173,356.17
I-6	51 N – BM/ Cobriza	202.00	14.84	2,998.21	105,878.69
I-7	84 S – BM/ Cobriza	296.00	13.72	4,059.74	143,365.68
I-8	33 N – BM/ Cobriza	68.00	29.53	2,007.79	70,903.00
I-9	10 N – PIQUE CENTRAL			76.68	2,707.91
			Total	29,886.82	1,055,423.02

**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

De la tabla anterior, se puede observar el volumen total de aire fresco que ingresa a todas las labores de la unidad, siendo un total de 1,055,423.02 CFM

*Tabla 12: Balance general actual de salida aire en mina*

Ítem	Labor	Velocidad promedio (m/min)	Área(m <sup>2</sup> )	Q(m <sup>3</sup> /min)	Q(CFM)
S-1	Nv.0/ Platanal	360.00	24.25	8,731.26	308,335.72
S-2	Nv.0/Agua Mina	514.00	17.07	8,771.82	309,768.09
S-3	Nv.70 / Huaribamba	472.00	18.34	8,856.45	305,693.93
S-4	Nv.51 / Huaribamba	232.00	25.02	5,804.04	204,963.71
			TOTAL	31,963.57	1,128,761.46

**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

En la tabla se puede ver el volumen total de aire viciado que sale de todas las labores de la unidad, siendo un total de 1,128,761.46 CFM.

*Tabla 13: Resumen del balance general actual de aire en mina*

	<b>Q (m<sup>3</sup>/min)</b>	<b>Q (CFM)</b>	
CAUDAL DE INGRESO	29,886.82	1,055,423.02	
CAUDAL DE SALIDA	31,963.57	1,128,761.46	
DIFERENCIA	2,076.75	73,338.44	<b>7%</b>
CUBERTURA	93%	Pies <sup>2</sup> /min	

**Nota:** Fuente: propio del autor

De acuerdo a la tabla 13, se puede observar que entre el ingreso y salida del aire una diferencia de 7%, Este resultado se encuentra dentro del RSSO en el art. 252 inciso b, donde menciona que la diferencia entre el ingreso de aire fresco y salida de aire viciado, debe ser menor a 10%, encontrándose dentro del parámetro establecidos. Sin embargo, se debe de considerar que el diseño del sistema de ventilación en las labores subterráneas muestra serias deficiencias en las condiciones del trabajo, debido a la presencia de gases y la temperatura se encuentran con valores fuera de los LMP.

Esto indica que se está desperdiciando el aire fresco en alguna parte de las labores o galerías, chimeneas, etc.

#### **4.1.5. Resumen de costos con el sistema actual.**

##### **Consumo de energía, reparación y mantenimiento.**

Es importante realizar un análisis de costos del sistema actual en relación de mano de obra, mantenimiento y consumo de energía eléctrica. Para realizar un cuadro comparativo en beneficios económicos al final del nuevo diseño. para ello se elaboró un resumen de costos del mes como podemos visualizar en la siguiente tabla N° 14.

*Tabla 14: Costo de reparación y mantenimiento de ventiladores.*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>\$/MES</b>	<b>\$/TM</b>
COSTO MANO DE OBRA	13,071.32	0.36
COSTO TOTAL ENERGIA	452,737.05	4.81
COSTO REPARACION Y MANTENIMIENTO	77,963.56	1.29
COSTO TOTAL	543,771.93	6.46

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla anterior se puede ver el costo total del sistema de ventilación con el diseño actual que tiene un costo de 543,771.93 \$/MES.

#### 4.2. Diseño de un nuevo del sistema de ventilación principal

Realizando un análisis de acuerdo al punto anterior en la evaluación del sistema actual, existe la oportunidad de mejora en el diseño del sistema de ventilación, para ello se utilizó el Software Ventsim para realizar el nuevo diseño del sistema de ventilación teniendo en cuenta cada variable con respecto a los equipos de ventilación: capacidad y ubicación tanto equipos principales y equipos secundarios con el objetivo principal es disminuir los gases determinados del diseño actual.

Con el nuevo diseño, se determinará la cantidad y calidad requerida del aire que debe circular en todas las labores subterráneas (caudal), para ello se deberán considera todos los factores que afectan en la determinación del cálculo del caudal del aire, de la misma forma dependerá de todas las condiciones que existen en cada operación. El caudal del aire debe ser garantizado para diluir todo tipo de gases que existen durante las operaciones mineras producto de los equipos mineros que funcionan de combustión interna (diésel), como también producto de la voladura y los polvos que provienen de las operaciones, como tránsito de equipos. Los parámetros a considerar durante los cálculos se pueden ver en la tabla N°15.

*Tabla 15: parámetros y límites de exposición ocupacional*

<b>Datos</b>	<b>ppm</b>	<b>UNI</b>
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	19.5	%
Monóxido de Carbono CO	25	ppm
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	5,000	ppm
Velocidad del Aire (Dinamita)	20	m/min
Velocidad de Aire (Anfo)	25	m/min
Avance por Disparo	3	m
N° de Guardia/Día	2	G/D
Producción de gases CO generado por el disparo	0.036	m <sup>3</sup> gas/Kg anfo



Explosivo		semexa
Consumo de explosivo	30	Kg/Disparo
Tiempo de ventilación Máxima	75	minutos
Concentración Máxima permisible (CO)	0.0025	%
Extensión Máxima del Humo	50	m

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

*Tabla 16: Parámetros para realizar los cálculos del requerimiento de calidad de aire*

PARAMETROS DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLOGIA	Según el RSSO - D.S. 024		
			Según el RSSO - D.S. 024	VELOCIDAD (m/min)	
SECCION PROMEDIO DE LABOR	m <sup>2</sup>	A	Condición	Mínima	máximo
VELOCIDAD MINIMA DEL AIRE	m/min	V	Uso de dinamita	20.00	250.00
NUMERO DE TRABAJADORES (GDIA + CANTIDAD DE PERSONAS)	Unid.	P	Uso de Anfo	25.00	250.00
CAPACIDAD EFECTIVA DE POTENCIA	Unid.	HP			
DISPONIBILIDAD MECANICA	%	Dm	Según el RSSO -D.S. 024 – Anexo 38		
FACTOR DE UTILIZACION	%	Fu	Condición	Velocidad mínima (m/min)	
VELOCIDAD MINIMA DEL AIRE PARA TEMPERATURA	m/min	Vm	> 24 °C	0.00	
NUMERO DE NIVELES CON TEMPERATURA > 23°C	°C	Nt	24 A 29 °C	30.00	
FAC. DE PRODUC. (EN/FUNCION A CONS. MADERA)	m <sup>3</sup> /min	u			
NUMERO DE NIVELES EN OPERACION	Unid.	N	Según el RSSO -D.S. 024		Según el RSSO - D.S. 024
PRODUCCION POR GUARDIA	TMH	T	Cota msnm	m <sup>3</sup> /min	Cantidad/HP
CAUDAL REQUERIDO/TRABAJADORES	m <sup>3</sup> /min	Q1	0 a 1,449	3.00	3 m <sup>3</sup> /min - HP
CAUDAL REQUERIDO/EQUIPO DIESEL	m <sup>3</sup> /min	Q2	1500 a 3000	4.00	
CAUDAL REQUERIDO/ TEMPERATURA	m <sup>3</sup> /min	Q3	3000 a 4000	5.00	
CAUDAL REQUERIDO TOTAL	m <sup>3</sup> /min	Qt	< a 4000	6.00	

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

#### 4.2.1. Diseño de la estación principal del sistema de ventilación.

Para el nuevo diseño del Circuito de ventilación en la estación principal del sistema de ventilación de la unidad minera Cobriza, se considera sólo los 03 Ventiladores Extractores de 300,000 CFM. Es decir, se retirará el ventilador inyector de aire fresco del Bocamina Nv.10 de capacidad de 300,000 CFM ya que según las evaluaciones no es necesario porque los ventiladores extractores generan una depresión en el circuito de ventilación. El tipo de ventilación que se está empleando en la actualidad es la ventilación natural y mecánica, para extraer el aire viciado hacia la superficie es mediante Raise boring en algunas zonas con un radio de 1.50, por lo general sale por las mismas galerías por la bocamina, en caso a los ventiladores auxiliares es utilizado para los frentes de avance mediante mangas.

Estas estaciones que se detallan en la siguiente tabla es para tener un sistema de control de ventilación que se detallan en 9 estaciones de ingreso de aire y 4 estaciones de salida de aire viciado como lo indica en la tabla número 15 y 16.

*Tabla 17: Los principales ventiladores extractores con el nuevo diseño*

Código ventilador	Zona	Cauda (cfm)	Potencia (hp)	Tipo	p. total "c. h2o
11	Alta	300,00	400	Extractor Principal	5.25
10	III	300,00	400	Extractor Principal	5.25
9	V	300,00	400	Extractor Principal	5.25

**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

#### 4.2.2. Diseño de las Estaciones Secundarias de Ventilación.

En caso de las ventiladores secundarios o auxiliares, se determinó que existía equipos que no están trabajando de manera eficiente ya que su distribución no es adecuada. Con la ayuda del software, se redistribuyó los ventiladores, logrando reducir 4 ventiladores de diferentes capacidades: de la zona I un ventilador de 40,000 CFM con una potencia de 60 HP, de la Zona III dos ventiladores de 60,000 CFM ((125 HP), y de 50,000 CFM (100 HP), mientras en Zona V se cambió un ventilador de mayor capacidad de 50,000 CFM que era al principio y ahora se instaló de 75,000 CFM en la sección -200 2180 de la misma potencia.

*Tabla 18: ventiladores Secundarios con el nuevo diseño.*

Código ventilador	Zona	Cauda (cfm)	Potencia (hp)	p. total "c. h2o
19	I	50,000	75	-
21	I	50,000	100	-
2	III	50,000	125	15.6
8	III	75,000	100	7.1
38	III	75,000	100	7.1
6	V	75,00	100	6.86
7	V	100,000	250	-
37	V	75,000	100	7.1
39	V	75,000	100	7.1

*Nota. Fuente: Elaborado por el Autor*

#### 4.2.3. Circuitos de Ventilación de la UM – Cobriza

Según se muestra en las Estaciones de Control, se tiene 04 Puntos de Salida de Aire Usado a Superficie, donde están instalados Ventiladores Extractores de 300,000 CFM respectivamente, los cuales generan la depresión del Sistema de Ventilación.

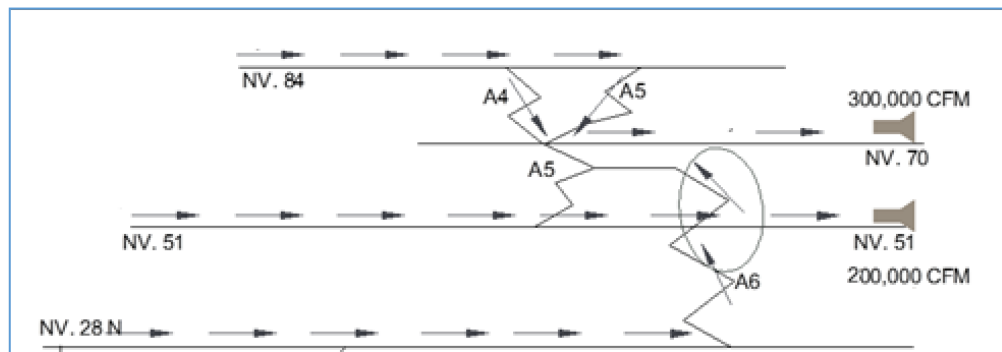
Dichos aforos de extracción generan 09 Puntos de Ingreso de aire, los cuales se dividen de la siguiente manera:

Para Ventilar la Zona Alta, se tiene 05 Puntos de Ingreso de aire, los cuales son:

- Estación I1 – Boca Mina Nv. 28 Norte
- Estación I2 – Boca Mina Nv. 28 Norte (SS.EE)
- Estación I6 – Boca Mina Nv. 51 Norte
- Estación I7 – Boca Mina Nv. 84
- Estación I8 – Boca Mina Nv. 33

La extracción de Aire Usado a Superficie se da por:

- Estación S3 – Nv. 70 Huaribamba
- Estación S4 – Nv. 51 Huaribamba
- 



*Figura 7: Esquema Unifilar de Sist. Ventilación Zona Alta*

En la figura se observa el ingreso y la salida del nuevo diseño del sistema de ventilación en zona I, todo el aire fresco ingresarán por las bocaminas mientras el aire viciado será extraído mediante los ventiladores principales como se muestra en la figura anterior.

Para Ventilar la Zona III, se tiene 04 Puntos de Ingreso de Aire, son los siguientes:

- Estación I3 – Boca Mina Nv. 28 Sur Cobriza
- Estación I4 – Boca Mina Nv. 28 Sur Expansión
- Estación I5 – Boca Mina Nv. 10 N
- Estación I9 – Pique

La extracción de Aire Usado a superficie, se da por:

- Estación S1 – Nv. 0 Platanal



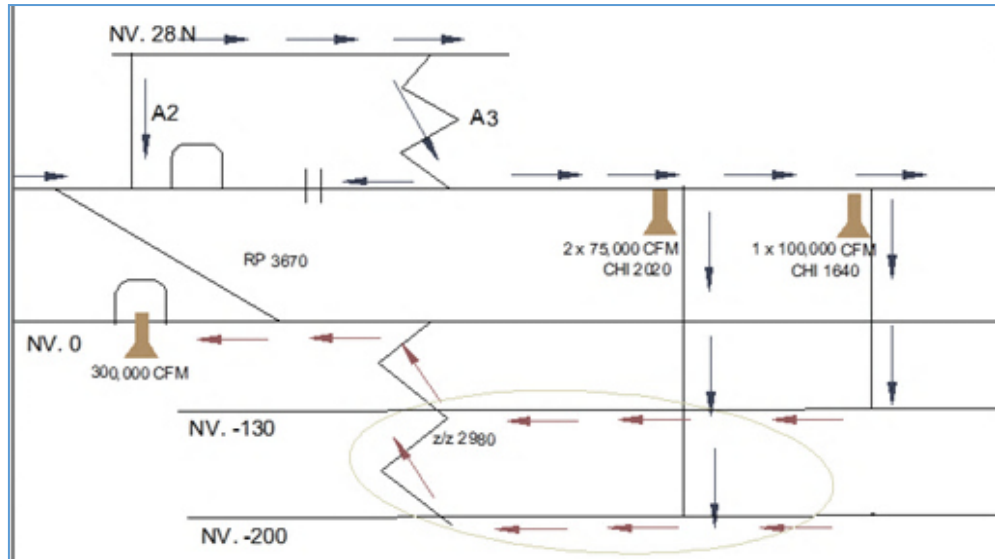


Figura 9: Esquema Unifilar de Sist. Ventilación Zona v

En la figura N° 09 se observa el ingreso y la salida del nuevo diseño del sistema de ventilación de zona V.

#### 4.2.4. Requerimiento de aire.

Con el nuevo diseño del sistema de ventilación se realiza el cálculo respectivo para ver la cantidad de aire requerida en las labores subterráneas se han ejecutado manteniendo el anexo 38 del D.S. 023-EM-2017.

##### a) Determinación del caudal de aire por número de trabajadores

$$Q1 = 4 * P \text{ (m}^3 \text{ *min)}$$

$$Q1 = 672.00 \text{ m}^3\text{/min} \text{ ----- } 23,731.01 \text{ CFM}$$

##### b) Por equipo con motores petrolero (Q2)

$$Q2 = 3 * \text{HP} * \text{Dm} * \text{Fu} \text{ (m}^3\text{*min)}$$

$$Q2 = 22,966.05 \text{ m}^3\text{/min} \text{ ----- } 811,023.04 \text{ CFM}$$

##### c) Por temperatura en labores de trabajo (Q3)

$$Q3 = \text{Vm} * \text{A} * \text{Nt} \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q3 = 5,439.08 \text{ m}^3\text{/min} \text{ ----- } 192,075.6 \text{ CFM}$$

**d) por consumo de madera (Q4)**

$$Q4 = T * u \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q4 = 0.00 \text{ m}^3\text{/min} \text{ ---- } 0.00 \text{ CFM}$$

**e) Por consumo de explosivos (Q5)**

$$Q5 = A * V * N \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$Q5 = 10,067.72 \text{ m}^3\text{/min} \text{ ---- } 355,5531.3 \text{ CFM}$$

**f) CAUDAL TOTAL REQUERIDA**

$$(Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_6)$$

$$Q_t = 29,077.1 \text{ (m}^3\text{/min)} \text{ ----- } 1,026,829.6 \text{ CFM}$$

Según los cálculos realizados se determina la cantidad de caudal requerida en las labores subterráneas un total de 1,026,829.6 CFM

*Tabla 19: Cobertura de aire en mina*

<b>COBERTURA DE AIRE EN MINA</b>		
	<b>Q(m<sup>3</sup>/min)</b>	<b>Q (CFM)</b>
Requerimiento de Aire fresco	29,077.13	1,026,958.72
Ingreso total de Aire Fresco	29,886.82	1,055,452.91
Cobertura (%)	107.78%	107.78%

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla anterior se puede ver la demanda de aire requerido en la mina un total de 1,055,452.91 CFM con una cobertura total de 100.78%.

**4.2.5. Cobertura de las demandas de aire en las labores de exploración.**

desarrollo, preparación y explotación de la mina (por Cada Zona)

Las Necesidades de Aire por Cada Zona:

✓ Zona Alta (I)

Por Personas:

Total: 65 Personas (Incluye ECM –Supervisión) que equivale a = 240 m<sup>3</sup>/min

Por Equipos:

*Tabla 20: Cantidad de aire requerido por equipo en zona I*

ZONAS	VALORES		
	HP	m <sup>3</sup> /min	CFM
CEFA	174.8	524.48	18,521.31
Camionetas	34.1	106.38	3,615.27
Scooptram	140.7	422.10	14,906.04
DOE RUN	1,930.2	5,790.70	204,493.01
Anfoloader	19.8	59.34	2,095.53
C. frontal	76.5	229.50	8,104.56
Camión	1,145.9	3,437.81	121,402.65
Compresora	58.5	175.50	121,402.65
Jumbo Hid.	21.0	63.02	2,225.42
scaler	14.0	42.12	1,487.37
Scooptram	594.5	1,783.43	62,979.87
LUCARBAL	108	326.70	11,537.08
Camión	108.9	326.70	11,537.08
QUASAR	257.4	772.20	27,269.47
Camioneta	18.8	56.25	1,986.41
UNICON	225.0	675.00	23,836.95
Camioneta	18.8	56.25	1,986.41
Mixcret	130.5	391.50	13,825.43
Mixer	35.3	105.75	3,734.46
Robot	40.5	121.50	4,290.65
Grand total	2,696.4	8,089.08	285,657.82

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En el cálculo realizado en zona I, determina la cantidad de aire requerido considerando todo personal y equipos con motores a diésel, los cuales requieren de 285,657.82 CFM.

Total: 2, 696.4 HP (Incluye todos los equipos que se muestra en la Tabla) y que equivale a = 8, 089.08 m<sup>3</sup>/min

✓ Zona Baja (III)

Por Personas:



Total: 55 Personas (Incluye ECM –Supervisión) que equivale a = 220 m<sup>3</sup>/min

Por Equipos:

*Tabla 21: Cantidad de aire requerido por equipo en zona III*

ZONAS	VALUES HP_REAL	m <sup>3</sup> /min	CFM
DOE RUN	714.4	2,143.29	75,688.14
Anfoloader	33.1	99.33	3,507.74
Retroexcavadora	34.40	103.20	3,644.40
scaler	42.1	126.27	4,459.10
scooptram	550.8	1,652.49	58,356.03
Tractor	54.03	162.00	5,720.87
EPIROC	94.03	282.09	9,961.62
Camioneta	34.13	102.38	3,615.27
Jumbo Hid.	59.90	179.71	6,346.35
LUCARBAL	108.9	326.70	11,573.08
Camión	108.9	326.70	11,573.08
Multijeval	1,612.45	4,837.35	170,826.18
Camioneta	41.65	124.95	4,412.48
Volquete	1,570.80	4,712.40	166,413.69
QUASAR	269.1	807.30	28,508.99
Camioneta	269.1	807.30	28,508.99
VIC2 \$ ROM	61.80	185.40	6,547.22
Camión	24.75	74.25	2,622.06
Compresora	37.05	111.15	3,925.15
Grand Total	2,860.7	8,582.13	303,069.23

*Nota. Fuente: Elaborado por el autor*

En el cálculo realizado en zona III, la cantidad de aire requerido considerando todo personal y equipos con motores a diésel se requiere 303,069.23 CFM.

Total: 2,860.7 HP (Incluye todos los equipos que se muestra en la Tabla) y que equivale a = **8,582.13 m<sup>3</sup>/min.**

✓ Zona Baja (V)

Por Personas:

Total: 48 Personas (Incluye ECM –Supervisión) que equivale a = 192 m<sup>3</sup>/min - Por Equipos:

*Tabla 22: Cantidad de aire requerido por equipo en zona V*

<b>ZONAS</b>	<b>HP</b>	<b>M3/MIN</b>	<b>CFM</b>
DOE RUN	389.2	1,167.54	41,230.51
Anfoloader	32.0	95.91	3,386.97
Mini cargador	31.45	94.35	3,331.88
Moto niveladora	56.16	168.48	5,949.70
scaler	16.3	49.02	1,731.09
scooptram	253.3	759.78	26,830.87
LUCARBAL	129.6	388.80	13,730.08
Camión	59.4	178.20	6,292.95
Camioneta	70.20	210.60	7,437.13
Multijeval	1,088.85	3,266.55	115,354.95
Camioneta	41.65	124.95	4,412.48
Volquete	1,047.20	3,141.60	110,942.46
QUASAR	187.2	561.60	19,832.34
Camioneta	187.2	561.60	19,832.34
RAIGLE	303.45	910.35	32,148.10
Camioneta	41.65	124.95	4,412.48
Volquete	261.80	785.40	27,735.62
Grand Total	2,098.3	6,294.84	222,295.98

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En el cálculo realizado en zona V, la cantidad de aire requerida considerando todo personal y equipos con motores a diésel se requiere 222,295.98 CFM

Total: 2, 098.3 HP (Incluye todos los equipos que se muestra en la Tabla) y que equivale a = 6, 294.84 m<sup>3</sup>/min.

#### 4.2.6. Requerimiento de aire por ciclo de minado:

Tabla 23: Requerimiento por ciclo de minado

Cantidad	Equipo y personal	Potencia (Hp)	Caudal	m <sup>3</sup> /min
Limpieza y Acarreo				
1	Scooptram	276	828.00	m <sup>3</sup> /min
1	Volquete	261	783.00	m <sup>3</sup> /min
Cantidad	Personal	Req.	Caudal	
3	Op+Ay	4	12.0	m <sup>3</sup> /min
		Caudal T.	1,623.00	m <sup>3</sup> /min
Desatado:				
1	Scaler	42	126.00	m <sup>3</sup> /min
cantidad	Personal	Req.	Caudal	
3	Op+Ay.	4	12.0	m <sup>3</sup> /min
		Caudal Total	138.00	m <sup>3</sup> /min
Perforación				
1	Jumbo	59.9	179.7	m <sup>3</sup> /min
Cantidad	Personal	Req.	Caudal	
3	Op.+Ay.	4	12	m <sup>3</sup> /min
		Caudal T.	191.7	m <sup>3</sup> /min
Voladura				
1	Anfo	33	99	m <sup>3</sup> /min
Cantidad	Personal	Req.	Caudal	
3	Op.+Ay.	4	12.0	m <sup>3</sup> /min
		Caudal T.	111.0	m <sup>3</sup> /min
<b>Total</b>			<b>2063.7</b>	<b>m<sup>3</sup>/min</b>

Nota. Fuente: Elaborado por el autor

Donde se identifica que la Actividad más crítica y que demanda la mayor cantidad de aire es la Limpieza y Acarreo de material (mineral y/o desmonte), en donde se necesita en promedio:

2063.7 m<sup>3</sup>/min realizando la conversión equivale a 72,877.5018 CFM (esto considerando trabajos en forma conjunta en el mismo punto de trabajo de un Scooptram R2900 y un Volquete)

Para satisfacer dicha demanda se utiliza ventiladores de 60,000 CFM de capacidad.

#### 4.2.7. Balance general de calidad del Aire de la mina del nuevo diseño del sistema de ventilación.

*Tabla 24: Balance general de ingreso de calidad de aire el nuevo diseño.*

Estación	Nivel	Labor	Vprom (m/min)	Q (m <sup>3</sup> /min)	Q (CFM)	Q (CFM)
I-1	28 N	BM/Cobriza	154.00	26.70	4,111.76	145,202.75
I-2	28 N	BM/SS.EE	197.00	13.48	2,655.66	93,781.92
I-3	28 S	BM/Expansión	100.00	16.92	1,691.76	59,742.81
I-4	28 S	BM/Cobriza	176.00	29.12	5,125.35	180,996.57
I-5	10 N	BM/Cobriza	323.00	16.76	5,412.83	191,148.82
I-6	51 N	BM/Cobriza	201.00	14.62	2,938.72	103,777.98
I-7	84 N	BM/Cobriza	183.00	14.11	2,581.67	91,169.18
I-8	33 N	BM/Cobriza	73.00	24.47	1,786.46	63,086.91
I-9	70 N	BM/Cobriza	75.00	23.56	1,767.29	62,409.90
I-10	74 N	BM/Cobriza	131.00	15.18	1,988.71	70,229.34
I-11-a	10 S	PIQUE CENTRAL	31.70	18.00	570.60	20,150.17
I-12-b	0 S	PIQUE CENTRAL	58.40	18.00	1,051.20	37,122.08
				Total	31,682.01	1,118,818.42

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla anterior se puede ver el balance general del aire de la mina donde ingresa el aire fresco a todas las labores de la unidad, donde se obtiene un total de 1,118,818.42 CFM

*Tabla 25: Balance general de salida de calidad de aire con el nuevo diseño*

Estación	Nivel	Labor	Vprom (m/min)	Área (m2)	Q(m3/min)	Q(CFM)
S - 1	NV. 0	Platanal	322.00	28.59	9,204.53	325,048.81
S - 2	NV. 0	Agua Mina	513.00	16.76	8,596.85	303,589.30
S - 3	NV. 70	Huaribamba	476.00	20.25	9,640.90	340,458.88
S - 4	NV. 51	Huaribamba	220.00	25.84	5,684.80	200,753.03
Total					33,127.09	1,169,850.02

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla N° 18 se puede ver el balance general del aire de la mina donde sale el aire viciado de todas las labores de la unidad, donde se obtiene un total de 1,169,850.02 CFM

*Tabla 26: Resumen del Balance general con el nuevo diseño*

<b>CUADRO RESUMEN</b>			
	Q(m3/min)	Q(CFM)	
CAUDAL DE INGRESO	31,682.01	1,118,818.42	
CAUDAL DE SALIDA	33,127.09	1,169,850.02	
DIFERENCIA	<b>1,445.08</b>	<b>51,031.60</b>	<b>5%</b>
Cubertura	<b>100.78 %</b>	Pies <sup>3</sup> / min	

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla anterior del resumen general del balance del aire se puede ver el caudal de ingreso y caudal de salida del aire, con una diferencia de 5% esto indica que se está cumpliendo según el RSSO en el art. 252 inciso b solo es permitido una diferencia menor a 10% tanto el ingreso del aire fresco y la salida del aire viciado. Ahora con el nuevo diseño del sistema de ventilación en las labores están debajo de los LMP y las condiciones del trabajo prestan garantía en cuanto al seguridad y salud del trabajador.

Con el nuevo diseño, se ha logrado mejorar con el sistema de ventilación según el balance del aire de 7% a 5% de la entrada y salida de aire llegando a reducir 2% respecto al diseño original, con una cobertura total de las labores subterráneas de 100.78%.

#### 4.2.8. Medición de los gases de mina y las situaciones termo ambientales

Durante un lapso de 6 meses, se evaluó las condiciones termo ambientales en los distintos trabajos en interior mina obteniéndose los siguientes resultados.

*Tabla 27: Promedio de Exposición a los Gases por Zonas*

Zona	Promedio O <sub>2</sub> (%)	Promedio CO (ppm)	Temp. °C	Promedio NO <sub>2</sub> (ppm)	Promedio CO <sub>2</sub> (%)	Vel. Prom (m/min)
I	20.31	19.20	15	0.1	0.06	36.71
III	20,35	14.60	25	0.3	0.04	34.11
V	20.25	12.40	20	0.2	0.03	35.35
<b>Prom.</b>	<b>20.30</b>	<b>15.40</b>	<b>20</b>	<b>0.2</b>	<b>0.04</b>	<b>35.40</b>

*Nota. Fuente: elaborado por el autor.*

Según la tabla anterior, se logró mejorar la explosión de los gases de la mina con el nuevo diseño de sistema de ventilación en la unidad minera cobriza de bajo del LMP.

#### 4.2.9. Velocidad del Aire:

En ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) ni superior a doscientos cincuenta metros por minuto (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

#### 4.2.10. Exposición a las altas temperaturas:

Se hizo el chequeo de parámetros de exposición a la alta temperatura en los distintos trabajos (medición de temperatura del bulbo húmedo), los cuales dieron como resultados promedios de 20 °C que está dentro de los LMP:

#### **4.2.11. Resumen de las situaciones termo-ambientales:**

##### **a) Exposición a los gases de mina**

Como se pudo ver en la tabla anterior, se debe de considerar:

- Con respecto al O<sub>2</sub> en toda la labor se ha monitoreado un promedio mayor a 19.5%.
- Con respecto al CO todas las labores se mantuvieron en promedio dentro del LMP de 25ppm, siendo el promedio más prominente de 15.40 ppm.
- Con respecto al NO<sub>2</sub> no se superó la concentración de 5 ppm en promedio en todas las labores, siendo el promedio más prominente de 0.2ppm.
- Con respecto al CO<sub>2</sub>, no se superó la concentración de 5,000 ppm en ninguna de las labores siendo la concentración promedio más alta de 0.07%, cabe recalcar que la concentración habitual de CO<sub>2</sub> en el ámbito es de 0.5%

##### **b) Velocidad del aire**

En relación a la velocidad del aire se puede observar en el cuadro antes anunciado que en todas las labores se consigue en promedio una velocidad más grande a los 25m/min, velocidad mínima requerida para la utilización de ANFO.

##### **c) Exposición de altas temperaturas**

En relación a las altas temperaturas se ha reconocido que en las zonas III y V, las temperaturas húmedas supera el mínimo requerido para realizar trabajos de forma continua por lo que se debe mantener las medidas implementadas como el trabajo por periodos y la dotación de bebidas rehidratantes.

Así mismo se deberá cumplir con la reglamentación vigente, donde menciona que las velocidades de aire mínimo deberán de ser de 30 m/min y en la Zona III (28 m/min), se está cumpliendo con dicha velocidad de aire en la labor.

#### **4.2.12. Sistema de respuesta de emergencia ante un apagón de energía eléctrica.**

La generación ante un evento de corte de energía eléctrica, para ello se contempla algunos puntos esenciales, tener un grupo electrógeno de capacidad de 2,600 kVA-3,750kVA50 Hz, en stop para poder ventilar con 4 ventiladores secundarios de 50,000 a 60,000 CFM solo para las labores de mayor criticidad, y poder evitar la acumulación de gases. Ante este evento a todo el personal se evacuará a la superficie y tampoco no podrán ingresar a la mina hasta que haya solucionado la causa del corte de energía eléctrica, los trabajadores ingresarán una vez que se haya repuesto el funcionamiento de los ventiladores y bajo la evaluación del área de la ventilación.

La comunicación será mediante señales acústicas para ellos todo el personal de la unidad minera cobriza estarán capacitados para tener una respuesta de emergencia efectiva (Plan, n.d.)

- **Alarma.**

Es la toma de conocimiento de un acontecimiento destructivo. Mientras esto no ocurra no existe ninguna oportunidad de comenzar la respuesta oportuna. Entonces, los sistemas de anuncio de ocurrencia de emergencias tienen que estar en contacto con los organismos causantes de la respuesta a fin de comenzar de manera rápida los procesos de acción.

- **Comunicación e información.**

Los proyectos de respuesta tienen que tener especialmente cierta la cadena de comunicación que comienza con la persona que recibe la alarma y se prolonga a los servicios de respuesta principal en concordancia al nivel de encontronazo del acontecimiento.

#### **4.2.13. Análisis económico**

##### **Costo del diseño de sistema de ventilación en mina**



El costo del consumo de la energía eléctrica por los ventiladores mecánicos que se usan en las labores subterráneas la misma manera se considera el costo de mano de obra y también tener mayor cuidado en las reparaciones de los ventiladores, siendo que los costos no son tan predominantes en cuanto al valor operativo en concordancia al precio de valor de ventilación en (\$/Ton)

#### 4.2.14. Costos de mano de obra

En el costo de ejecución se determinó mediante cálculos teniendo en consideración el costo de mano de obra obteniendo un valor económico total de US\$ 21,092.31, en relación a los tonelajes métricos que se extraen el mes de marzo un total de (51,268.69 Ton) se logró con un valor de 0.6 \$/TME.

*Tabla 28: Costo de mano de obra*

		UNIDAD		SUB TOTAL	BB.SS	TOTAL, MES
	HUAMAN RAMON, EVER	TAREO	1	80	0.50	3320
	NAVARRO TAYPE, JUAN	TAREO	1	80	0.50	3320
A	PEZUA CARLOS, FREDY	TAREO	1	80	0.50	3320
	HUAMAN MAMANI, JEAN	TAREO	1	80	0.50	3320
	APONTE ROJAS, CARLOS A.	TAREO	1	80	0.50	3320
	CHAVEZ RUIZ, JHON	TAREO	1	80	0.50	3320
B	MIRANDA HUAMAN, WALTER	TAREO	1	80	0.50	3320
	HUAMANI CHAVEZ, GUIDO	TAREO	1	80	0.50	3320
	HUAYRA HERRERA, JHON MARCO	TAREO	1	80	0.50	3320
	LANAZCA QUISPE, CESAR	TAREO	1	80	0.50	3320
	ESCOBAR TAYPE, PEDRO	TAREO	1	80	0.50	3320
	ZAPANA MONTOYA, RUBEN	TAREO	1	80	0.50	3320
C	MAMANI QUISPE, CLIVER	TAREO	1	80	0.50	3320
	LOPEZ VARGAS, CARLOS	TAREO	1	80	0.50	3320
	Costo mensual de mano de obra					<b>8,09132</b>
	Costo de mano de obra U\$\$/MES					<b>21,092.31</b>
	Toneladas metricas extraidas					<b>51,268.69</b>
	Costo total \$/TM					<b>0.36</b>

**Nota.** Fuente: Elaborado por el Autor

#### **4.2.15. Costos de energía zona I y II**

Los costos en cuanto al consumo de energía eléctrica de los ventiladores correspondientes a la zona III, según las capacidades de cada ventilador se podría determinar mediante su potencia y horas trabajadas, de la misma manera se considera el aspecto de rectificación de 0.88. Este factor se considera que podría ocurrir por las condiciones que pueden presentarse en las ventiladoras. Consiguiendo un valor de US\$ 167,761.92 de la misma forma para realizar el cálculo se tiene en cuenta el costo de \$/KW en relación a la producción del mes de marzo según que proporciona del área de costos obteniendo el resultado 242,645 US\$/KW, de tal forma se determinó también el costo de tonelada métrica que se extrae en (\$/TM) teniendo un valor de 3,40 \$/TM en zona 1 y un valor de 1.45 \$/Toneladas métricas para zona 2. De igual forma se tiene en cuenta la producción de mineral extraído del mes del mes de marzo teniendo un tonelaje de 344,978toneladas.

#### **4.2.16. Costo total de energía.**

Al final se obtiene un valor final de energía eléctrica que es más importante conseguir el siguiente valor final de US\$ 242,645.57 siempre teniendo en cuenta la producción de tonelaje extraído en mes de marzo teniendo un tonelaje de (50,268.59 Tn). En este caso no se considera el mineral acumulado. Si puede verificar en el anexo 11. De esta manera se determina el valor final de 4.81/Toneladas métricas. Como se puede verificar en la siguiente tabla N°30. Los costos de energía se pueden ver en la tabla N° 29.

Tabla 29: Costo total de energía (US\$/TM)

PRECIO DE VENTILACION		ZONAS		TOTAL
DESCRIPCION	UNIDAD	ALTA	BAJA	
Precio de energía	US\$/MES	17,761.92	224,883.65	242,645.57
Producción	TM	56,278.9	288.70	344.978
Costo total	\$/TM	3.40	1.45	5.71

*Nota. Fuente: Elaborado por el autor*

En la tabla anterior se puede ver el costo total de 5.71 \$/TME, en la zona I y zona II.

#### 4.2.17. Resumen de los costos de ventilación.

El resumen final, nos muestra un costo final de ventilación de 13.46 \$/Toneladas métricas los cuales se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 30: Precio total de ventilación (US\$ TME)

DESCRIPCION	UNIDAD	\$/TME
Precio de mano de obra	\$/TME	0.36
Precio de la ventiladora	\$/TME	8.29
Precio total de energía	\$/TME	4.81
Precio total de ventilación		13.46

*Nota. Fuente: Elaborado por el autor*

#### 4.2.18. Resumen de costos con el nuevo diseño de sistema de ventilación. Consumo de energía, reparación y mantenimiento.

El costo del mantenimiento de los ventiladores mecánicos tiene un valor que influye al precio total de ventilación, cuando se realiza una reparación de los ventiladores se considera el costo del transporte o también realizan este tipo de trabajos mediante empresas especializadas para ello se realizó un cálculo de un valor económico de 25% del valor considerando el mano de obra de la misma manera se considera el costo de energía eléctrica llegando a un gasto de US\$ 64,934.47 dólares/TM. El valor que

se obtuvo es variable porque depende del tonelaje que se va extraer cada mes. Ver en la siguiente tabla.

*Tabla 31: Costo de reparación y mantenimiento de ventiladoras.*

<b>DESCRIPCION</b>	<b>\$/MES</b>	<b>\$/TME</b>
COSTO MANO DE OBRA	8,091.32	0.36
COSTO TOTAL ENERGIA	242,645.57	4.81
COSTO REPARACION Y MANTENIMIENTO	64,933.47	1.29
COSTO TOTAL	314,672.34	6.46

*Nota. Fuente: Elaborado por el autor*

En la tabla, se puede ver el costo de total de mano de obra que cuesta el trabajo de las modificaciones e instalaciones del nuevo diseño del sistema de ventilación tiene un costo de 0.36 \$/ME, y la energía tiene un costo de 4.81\$/TME

## PROGRAMA DE PRODUCCION MENSUAL

ZONA	LABOR	LONG	ANCHO	ALTURA	LEY	Acciones	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	TOTAL
							15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
	74 2830 CP Realce	80	6	5	1.20	Avance 80m.							600	600	700	700	700	700	700	700	700	700	7500	
	74 2830 CP Frente	100	8	2.85	1.20	Avance 100m.	700	700	700	700													2800	
	74 2835	20	5	4	0.95	Avance 20m.	600	600	600	400													2200	
I	60 2680 S3	40	5	5	0.90	Avance	500	500	500	500	500	550	400	500	600	700	600	600					6450	
	60 2860 S3	50	5	2.85	0.90	Realce													500	900	500	900	500	3300
	51 A5 S2	50	5	4	1.00	Avance 20m.	700	700	700	600	700	700											4100	
	-200 - 4150	50	7	2.85	1.10	Perforacion													750	150	750	750	750	3150
III	-200 - 4150	30	5	2.85	1.10	Relleno						650	600	800										2050
	-200 4500 S2S	50	4	2.85	0.90	Perforacion				500	500	500	500		700	700	600	600		600				5200
	-130 4995	40	25	2.85	0.95	Perforacion				400	700		500	700	700	500	500	500	700	500	700	500	700	7600
	-130 1760	40	12	2.85	0.95	Perforacion				600	800	800	600	600			450	450						4300
V	-10 1630	60	10	2.85	0.90	Perforacion											350	350	350	350	350	350	350	2450
	-130 1760 PUENTE	60	6	5	0.99	Limpieza									500	600	600	600	800	600	800	600	800	5900
							2,500	2,500	2,500	3,700	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	57,000
							1.02	1.02	1.02	0.99	0.94	0.98	1.01	1.03	0.99	0.99	0.98	0.98	1.02	0.98	1.02	1.02	1.02	1.00
	PRODUCC/DIA						2,500	2,500	2,500	3,700	3,200	3,200	3,200	3,200	3,200	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	3,800	57,000
	RECUPERACION						0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	FINOS DE Cu						23.8	23.8	23.8	34.1	28.1	29.0	30.1	30.5	29.5	29.5	34.7	34.7	36.2	34.8	36.2	35.9	36.2	530.8

LABORES DE PRIORIDAD 2																								
	10 A3 2480	40	6	2.85	0.90	Perforacion		600	600	600	450	350	300	200	500	400	300	300		300		300	5200	
V	10 A3 2680	20	5	3.5	0.90	Limpieza		200	200	200	200	200	200										1200	
								800	800	800	650	550	500	200	500	400	300	300		300	0	300	0	6,400
								0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90		0.90		0.90	0.90	
LABORES DE PRIORIDAD 3																								
	-200 4500 S2S CT	40	4	2.85	0.82	Perforacion							500	700			500	500			500	500	3200	
	0 5000 (5020) N	40	5	5	0.78	Avance																350	350	
	(-)130 - 2300 S (2200)	50	8.5	2.85	0.85	Avance		350	350		350	350	350		350	350	350	350	350	350	350	350	4200	
	(-)30 2680 (2570)	80	8	2.85	0.85	Realce		350	350	350	350	350	200		350	350	350		350	350	350		4050	
	(-)130-1640 FRENTE	10	5	5	0.83	Avance		350	350	350													1050	
	(-)130-1640 REALCE	70	8	2.85	0.86	Realce				350	350	350		350	350	350		350	350	350		350	3850	
	(-)130-1610 FRENTE	10	5	5	0.78	Avance																	0	
	0-3159S (3335)	40	5	4	0.82	Breasting																350	350	700
								1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,200	1,200	1,050	1,050	1,200	1,200	1,050	17,400
								0.84	0.84	0.85	0.85	0.85	0.84	0.83	0.85	0.85	0.84	0.84	0.85	0.85	0.84	0.83	0.82	0.84

Tabla N° 30

### **4.3. Beneficios de la implementación de la propuesta técnica – económica para el sistema de ventilación.**

#### **4.3.1. Beneficio técnico**

Los beneficios de la nueva propuesta técnica económica del diseño del sistema de ventilación propuesta es factible porque se han mejorado las condiciones actuales en cuanto a la calidad de la circulación de aire limpio y fresco en cantidad que se obtiene en todas las labores de la Rampa 4800, galería Nv. -130, -200 en adelante donde fue obtenida la muestra como problema principal de condiciones subestándar para el trabajador y también para los equipos con motores de combustión interna, las temperaturas exotérmicas llegaba a 31 °C y los gases tóxicos de la mina producto de la voladura y de los equipos mineros que funcionan a combustión interna, llegaban fuera del límite permisible. Donde ahora es reducido a 25 C° de temperatura exotérmica y la velocidad del aire es 28 m/min que es suficiente para poder diluir todos los gases de la mina. De la misma forma se cumple las normas legales del D.S. 024 y su modificatoria de 023 – EM del artículo 246. Todos estos resultados de mejora se han logrado haciendo una mejor distribución de los equipos, lo cual ha permitidos disminuir en una cantidad de 04 ventiladores.

#### **4.3.2. Beneficios en la comparación con el sistema actual**

En el beneficio se puede determinar la diferencia el antes de la propuesta y después del nuevo diseño del sistema de ventilación llegando a obtener una diferencia del 2% del total de la salida del aire viciado, esto indica que la calidad del aire que circula por las labores subterráneas es fresco y limpio donde la seguridad del personal que labora es garantizada, su rendimiento del trabajador es eficientemente, de la misma manera el rendimiento de los equipos mineros es más productivo.

Tabla 32: Resumen del sistema actual de ventilación.

<b>CUADRO RESUMEN</b>			
	<b>Q (m<sup>3</sup>/min)</b>	<b>Q (CFM)</b>	
CAUDAL DE INGRESO	29,886.82	1,055,423.02	
CAUDAL DE SALIDA	31,963.57	1,128,761.46	
DIFERENCIA	2,076.75	73,338.44	<b>7%</b>

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla se puede apreciar que con el sistema actual se llega a obtener una diferencia de balance de aire de 7%

Tabla 33: Resumen del nuevo diseño del sistema de ventilación

<b>CUADRO RESUMEN</b>			
	<b>Q(m3/min)</b>	<b>Q(CFM)</b>	
CAUDAL DE INGRESO	31,682.01	1,118,818.42	
CAUDAL DE SALIDA	33,127.09	1,169,850.02	
DIFERENCIA	<b>1,445.08</b>	<b>51,031.60</b>	<b>5%</b>

**Nota.** Fuente: Elaborado por el autor

En esta tabla se muestra la mejora del sistema de ventilación, llegando a obtener una diferencia de balance de aire de 5%.

#### **4.3.3. Beneficios obtenidos en cuanto al exposición de los gases en las labores subterráneas.**

La mejora en la calidad de aire se puede apreciar en la siguiente tabla donde se muestra la reducción de las concentraciones de los gases en las labores subterráneas de las diferentes zonas de trabajo. Para ver el detalle se puede visualizar en las siguientes tablas siguientes del antes y un después del diseño de sistema de ventilación propuesto.

Tabla 34: Promedio de Exposición a los Gases por Zonas con el actual diseño

Zona	Promedio O2 (%)	Promedio CO (ppm)	Temp. °C	Promedio NO2 (ppm)	Promedio CO2 (%)	Vel. Prom (m/min)
I	20.1	35.2	20	0.7	0.12	35.62
III	19	29.6	48	0.8	0.14	28.10
V	19.2	30.4	38	0.5	0.11	30.65
<b>Prom.</b>	<b>19.4</b>	<b>31.7</b>	<b>35.3</b>	<b>0.7</b>	<b>0.12</b>	<b>31.5</b>

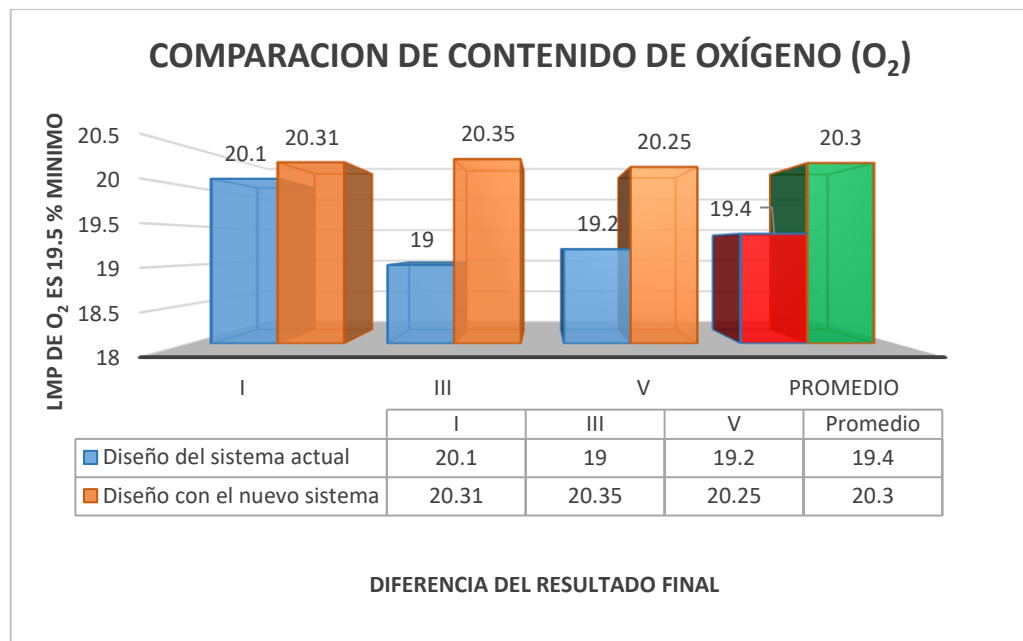
*Nota.* Fuente: elaborado por el autor.

Tabla 35: Promedio de Exposición a los Gases por Zonas con el nuevo diseño

Zona	Promedio O2 (%)	Promedio CO (ppm)	Temp. °C	Promedio NO2 (ppm)	Promedio CO2 (%)	Vel. Prom (m/min)
I	20.31	19.2	15	0.1	0.06	36.71
III	20,35	14.6	25	0.3	0.04	34.11
V	20.25	12.4	20	0.2	0.03	35.35
<b>Prom.</b>	<b>20.30</b>	<b>15.40</b>	<b>20</b>	<b>0.2</b>	<b>0.04</b>	<b>35.4</b>

*Nota.* Fuente: elaborado por el autor.

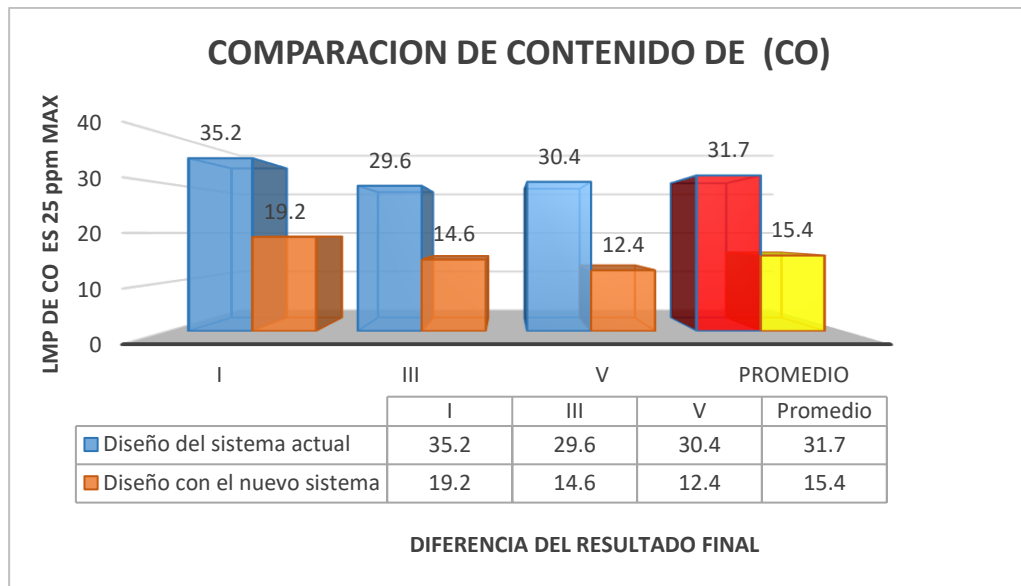
En la tabla anterior se aprecia las mejoras en la calidad del aire respecto a las concentraciones de gases, obteniendo valores aceptables para las actividades operativas de mina.





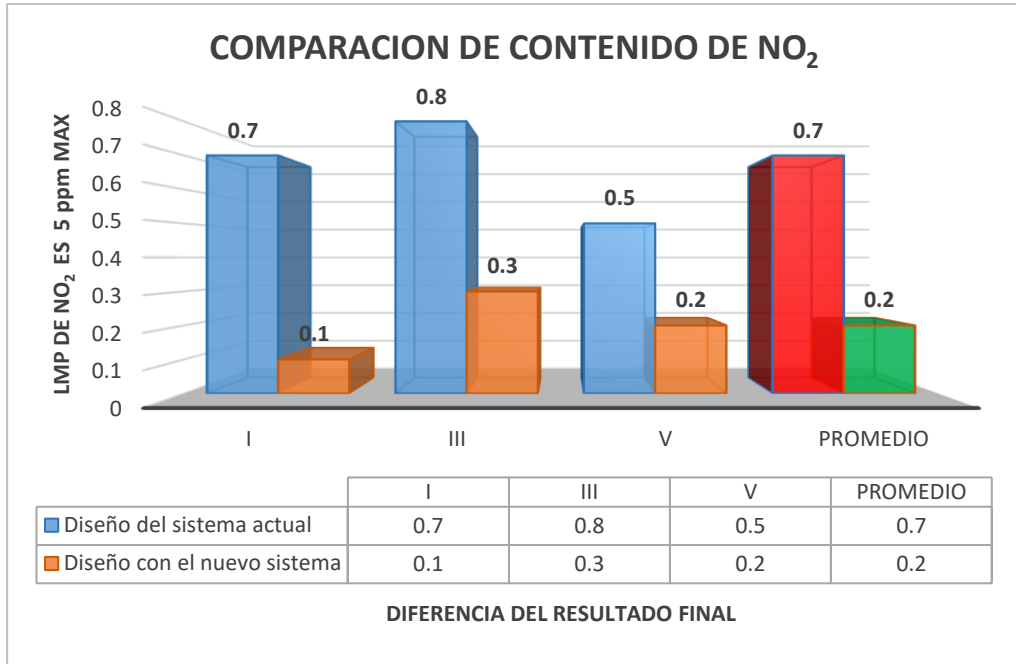
*Figura 10: Comparación de contenido de oxígeno*

En la figura anterior como se puede ver, se ha mejorado la concentración de oxígeno de 19.4 % inicial que estaba por debajo del mínimo requerido, debido a que el RSSO indica en su art. 246 inciso b que debe ser como mínimo 19.5 % de oxígeno en el ambiente de trabajo. Con el nuevo diseño se ha mejorado a un 20.3% en la concentración de oxígeno contribuyendo a la mejora de la calidad de aire.



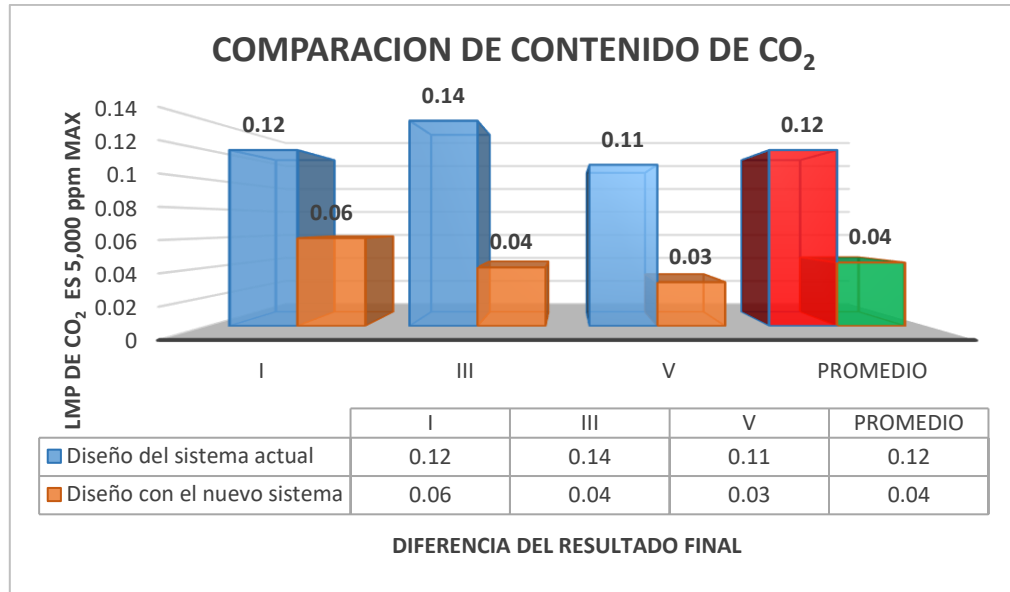
*Figura 11: Comparación de contenido de monóxido de carbono.*

Como se puede observar en figura comparativa del diseño inicial con respecto al diseño nuevo se ha logrado reducir las concentraciones de CO de 31.7ppm a 15.4 ppm como promedio de toda la zona de trabajo. De acuerdo a la referencia de RSSO indica que debe ser 25 ppm como máximo, entonces con el nuevo diseño se ha logrado mejorar dentro de los LMP.



*Figura 12: Comparación de contenido de dióxido de nitrógeno*

Según la figura anterior se puede ver la mejora en la evacuación de los gases nitrosos resultados de las actividades de voladura en las labores subterráneas. con el nuevo diseño se ha logrado reducir de 0.7 ppm a 0.2 ppm que en la norma indica debe ser considerado como mínimo de 5 ppm que equivale a 0.0005% como mínimo.



*Figura 13: Comparación de contenido de dióxido de carbono.*

Según la figura anterior se puede ver que la mejora ha sido según el gráfico en promedio de 0.12 % a 0.04 % de explosión de los gases en las labores, donde la norma nos indica que debería ser debajo de 5,000 ppm que equivale a 0.5% de dióxido de carbono.

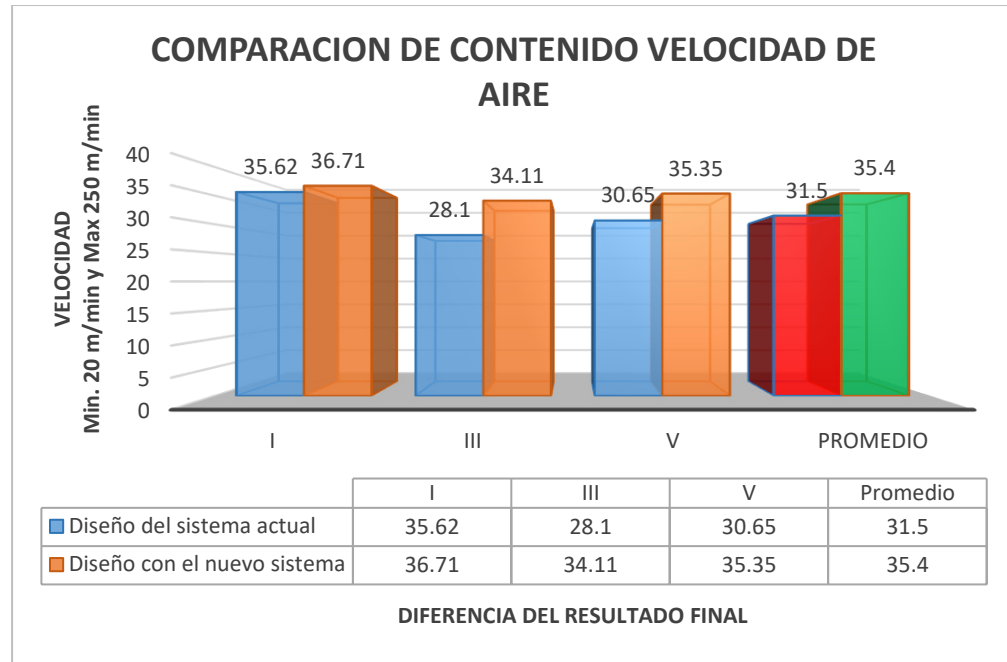


Figura 14: Comparación de contenido de velocidad de aire.

Según la figura anterior se puede ver en cuestión de velocidad de aire se logró a mejorar la circulación de aire de 31.5 a 35.4 m/min. Donde en el RSSO indica en su art. 248 en ningún caso la velocidad del aire no será menor de (20 m/min) ni superior a (250 m/min) en las labores de explotación, incluido el desarrollo y preparación. Cuando se emplee explosivo ANFO u otros agentes de voladura, la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).

#### 4.3.4. Beneficios con el Nuevo Diseño de sistema de Ventilación.

En el nuevo diseño del Circuito de ventilación, ahora estará determinado solo por 03 Ventiladores principales extractores de 300,000 CFM, porque se anuló el ventilador inyector de aire fresco del Bocamina Nv.10, de capacidad de 300,000 CFM.

En caso de los ventiladores secundarios o auxiliares se anularon 4 ventiladores de diferentes capacidades, de zona I un ventilador de 40,000 CFM con una potencia de 60 HP, de Zona III dos ventiladores de 60,000 CFM con una capacidad de 125 HP, y la otra es de 50,000 CFM con una potencia de 100 HP, mientras en Zona V se cambió un ventilador de mayor capacidad en la sección -200 2180 de una capacidad de caudal de aire 50,000 a 75,000 CFM de la misma potencia.

#### 4.3.5. Beneficios económicos

##### Costos

El beneficio en cuestión de costos de sistema de ventilación como consumo de energía eléctrica, mano de obra, costo de mantenimiento y reparación se puede ver en la siguiente tabla.

*Tabla 36: Costo de reparación y mantenimiento de ventiladoras.*

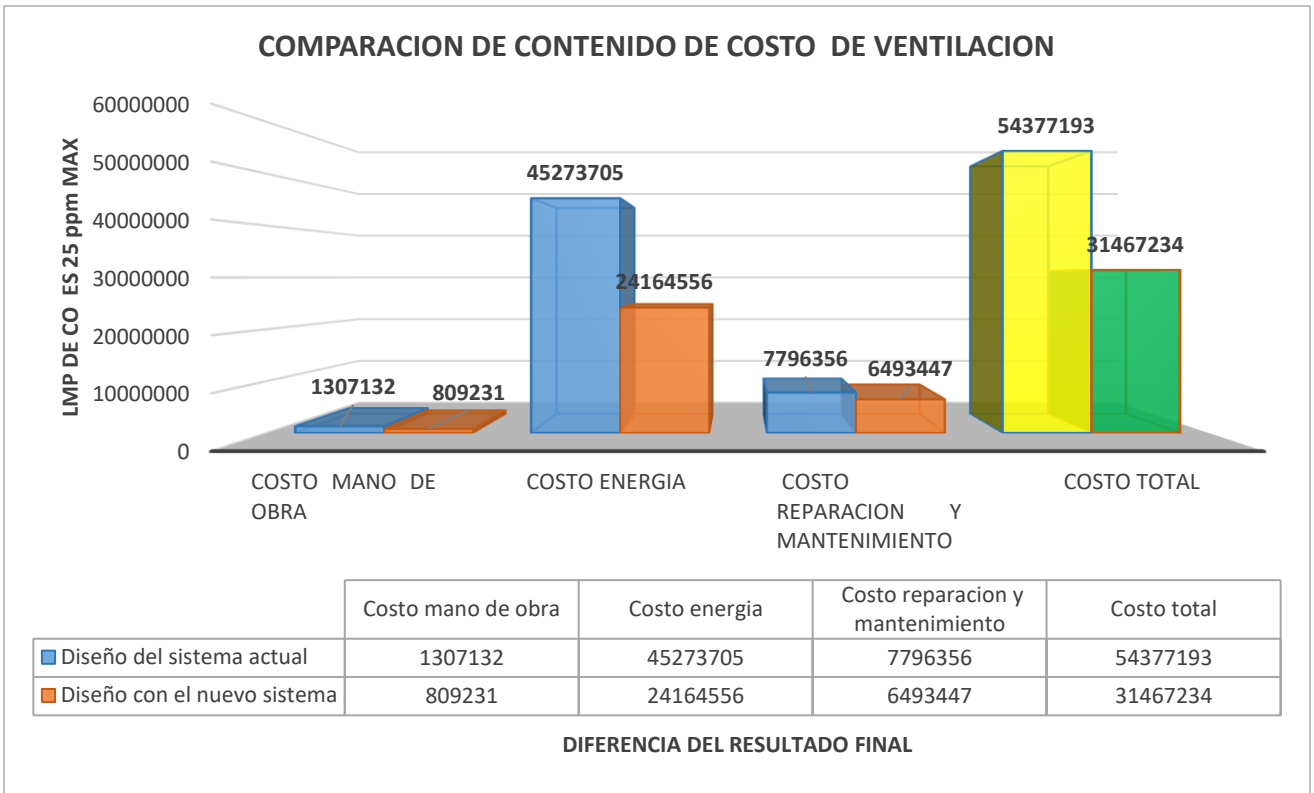
DESCRIPCION	\$/MES	\$/TM
COSTO MANO DE OBRA	13,071.32	0.36
COSTO TOTAL ENERGIA	452,737.05	4.81
COSTO REPARACION Y MANTENIMIENTO	77,963.56	1.29
COSTO TOTAL	543,771.93	6.46

*Nota. Fuente: Elaborado por el autor*

*Tabla 37: Costo del consumo de energía eléctrica con el sistema actual.*

DESCRIPCION	\$/MES	\$/TME
COSTO MANO DE OBRA	8,092.31	0.36
COSTOS TOTAL ENERGIA	242,645.57	4.81
COSTO REPARACION Y MANTENIMIENTO	64,934.47	1.29
COSTO TOTAL	314,672.34	6.46

*Nota. Fuente: elaborado por el autor.*



*Figura 15: Comparación de contenido de costo de ventilación.*

En la figura anterior se puede ver el resultado de costo de sistema de ventilación que se ha logrado reducir de 543,771.93 \$/Mes a 314,672.34 \$/Mes con una diferencia de 229,099.59 \$/Mes.

#### **4.4. Análisis e interpretación de datos.**

Teniendo presente las evaluaciones definidas en el circuito de calidad de aire se determinó que la cobertura de aire es de 100.78%. de tal forma que es requisito acordarse que el circuito de calidad de aire en las operaciones subterráneas es de manera dinámica; esto se origina porque las operaciones son diarias el movimiento de equipos mineros, las barreras como también las puertas. Para realizar el cambio de la mejora del diseño de ventilación según las necesidades de la cada labor subterránea de la actualidad, de tal forma es dinámica el variable de la cobertura que se tiene un valor de 100.78% se no es de manera eficiente la cobertura buscar otras opciones para poder determinar una mejor cobertura.

En concordancia a la evaluación del cálculo de los precios de ventilación se podrá afirmar que para poder obtener las condiciones nuevas de la ventilación con un valor económico final de 6.46 dólares por toneladas métricas, teniendo en cuenta el valor de ventilación fijado por el área de costos de 3.54 dólares por tonelada métrica, en este caso se encuentra con un valor por encima del indicador.

#### **4.4.1. Prueba de hipótesis**

En el sistema actual de ventilación, el aire está circulando por medio de las labores y chimeneas y ductos con las estimaciones que se han calculado un total de calidad de aire requerido 896,795.00 CFM y de la misma manera las evaluaciones del ingreso y salida del aire total de las labores subterráneas principalmente de zona III rampa 4800, se determinó 1,118,818.42 CFM y 1,169,850.02 CFM efectivamente se determina una cobertura 100.78% de la misma manera se ejecutara el diseño del sistema de ventilación primordial, donde el circuito de ventilación en la rampa 4800 la dilución del aire viciado, de esta forma se realizara un plan de instalación de ventilación en esa región, del mismo modo por medio con la ayuda del programa Ventsim Visual se determinó los cálculos correspondientes como las simulaciones del diseño del circuito de calidad de aire requerida. Donde nos facilita de poder elegir diferentes situaciones y poder determinar el cambio de instalación de ventiladores para poder conseguir un circuito de calidad de aire requerida en las labores de 4800 de zona III.

#### **4.4.2. Discusión de los resultados**

El titular de actividad minera efectuara mediciones periódicas y las registrará de acuerdo al plan de monitoreo de los agentes químicos presentes en la operación minera tales como: vapores, gases, humos metálicos, neblinas, entre otros que puedan presentarse en las labores e instalaciones, sobre todo en los lugares susceptibles de mayor concentración, verificando que se encuentren por debajo de los Límites de Exposición Ocupacional para Agentes Químicos de acuerdo a los señalado en el ANEXO N°15 y lo demás establecido en el Decreto Supremo N° 015-2005-SA y sus modificatorias, o la norma que lo sustituya, para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores.

En el presente estudio del diseño del sistema de ventilación del circuito de calidad del aire principalmente en las labores del desarrollo que han sido afectados por los gases producto del proceso de la explotación del mineral. Durante las evaluaciones de deferentes labores subterráneas se podría sintetizar los resultados de la siguiente manera:

- Se han Instalara 02 Reguladores de Flujo de Aire (Puertas de Ventilación), en la Galería del Nv. 0 (aproximadamente en la Sección: 44/40 y 46/00), con el objetivo de optimizar la extracción de aire viciado de la Zona III.
- Se habilitaron la Galería Antigua del Nv.70 y la comunicación hacia el Nv.74, con el fin de incrementar el Ingreso de Aire Fresco hacia los Niveles de Trabajo de la Zona Alta.
- En la Chimeneas Convencionales de Zona III (Ch. 4150 – Ch. 4720) y Zona V (Ch.2340 – Ch. 22/10), se reemplazaron mediante conductos de Chimeneas Raise Borer, con el fin de evitar pérdidas de presión y caudal de Aire por la Fricción que se genera con las Paredes de dichos Conductos de Ventilación (elevada rugosidad).
- Se realizó la adquisición de Ventiladores de Capacidad de 75 000 CFM, con el fin de ser instalados en la Troncales Principales de Ingreso de Aire

Fresco hacia la Profundización (especialmente en la Troncal de Ingreso de Aire en Nv. 2180 de la Zona V

- En la Profundización de Zona V, está pendiente la ejecución de la Troncal Principal de Ventilación (Raise Borer del Nv. 10 hacia el Nv. 0, en la Sección 23/40).
- Mediante el diseño nuevo del sistema de ventilación la velocidad del aire está por encima del mínimo requerido para uso de ANFO, así como para mejorar la sensación térmica en los frentes de trabajo (mínimo 30 m/min).



## CONCLUSIONES

- El diseño actual del sistema de ventilación mecánica se tiene 4 ventiladores principales, de lo cual se cuenta un ventilador inyector, 3 ventiladores extractores y 12 ventiladores auxiliares. durante las evaluaciones del balance se obtuvieron una diferencia de 7% según el RSSO en el art. 252 inciso b solo es permitido una diferencia menor a 10% tanto el ingreso y la salida del aire. Sin embargo, la calidad de aire es muy variable en las diferentes labores subterráneas. Según las evaluaciones, las concentraciones de gases en las labores llegan a valores fuera del LMP, lo que indica que hay una oportunidad de mejora en el diseño de ventilación.
- Realizando la evaluación del diseño del sistema de ventilación usando el software Vetsim, se analizó la infraestructura del sistema de ventilación determinando técnicamente que es posible reducir el ventilador inyector principal de 300,00 CFM de una potencia 400 HP y los equipos auxiliares. donde se redujo de 12 ventiladores mecánicas a 9 ventiladores en el sistema secundario, evitándose el costo de mantenimiento, repuestos, mano de obra y el mayor consumo de energía eléctrica. Según los balances de calidad de aire realizado se llega a obtener el ingreso de aire 1,118,818.42 CFM y la salida del aire viciado 1,169,850.02 CFM, determinando a un 100.78% de cobertura de calidad de aire. Mejorando las condiciones ambientales de las labores subterráneas y garantizando la seguridad y salud del trabajador.
- Finalmente, de acuerdo a los puntos anteriores, se concluye que se puede determinar tanto técnicamente como económicamente el mejoramiento de las condiciones de operación en la unidad minera cobriza con respecto a la ventilación, donde se realizó la evaluación económica del costo de ventilación se obtiene la diferencia del costo final de la situación actual es de 543,771.93 \$/Mes, y el costo con el nuevo diseño se llega a tener 314,672.34 \$/Mes, obteniendo una diferencia de 229,099.59 \$/Mes.

## RECOMENDACIONES

- Realizar continuamente evaluaciones diagnósticas del sistema del diseño de ventilación para mantener actualizado de acuerdo a las variaciones operativas que se dan en el desarrollo de la mina y de esta manera llevar un mejor control de los balances de la calidad de aire.
- Realizar monitoreos frecuentes a los equipos mineros que funcionan a combustión interna diésel que ingresan a mina para poder reducir las contaminaciones por monóxido de carbono y tener un ambiente de trabajo seguro limpio y cumplir con las normativas del presente reglamento de seguridad de salud ocupacional D.S. 024 EM – 2016 y su respectiva modificatoria 023 -em -2017.
- Desarrollar un programa de control de los costos del consumo de energía eléctrica de todo el sistema de ventilación y considerar sistemas de automatización para evitar el exceso de consumo de energía eléctrica en las horas de cambio de guardia.

## BIBLIOGRAFIA

- Baltzar, R. (2016). *Influencia De Los Ventiladores En El Sistema Ventilación De La Mina Kazán De La Compañía Minera Paraíso*. 205.
- D.S. N° 023-2017-EM. (2017). Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería  
D.N° 023-2017-EM. *Diario Oficial El Peruano*, 22.  
<http://www.minercodex.org/normaslegales/ds0232017em.pdf>
- Lloclla, V., Minas, I. D. E., Alex, I., Maco, C., & Mina, S. D. E. (2012). *INFORME FINAL DESEMPEÑO LABORAL*. 1–16.
- Plan, E. (n.d.). *PLAN DE ACCIÓN ANTE CORTES DE SUMINISTRO*. 1–19.
- Portilla Salazar, R. E., & Velarde Macukachi, B. P. (2018). *Propuesta técnica de mejora del sistema de ventilación principal de una operación minera subterránea polimetálica - 2015*. 1–67. <https://core.ac.uk/download/pdf/54205920.pdf>
- Şenocak, G. (2019). *Fernando Alex Ríos Ríos*. 1–33.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Visual, V. (n.d.). *Ventsim Visual® Manual del Usuario. Versión 3*.

# **ANEXOS**

**ANEXO N°: 1 RELACIÓN DE VENTILADORES MECÁNICAS DE MINA**

**INVENTARIO DE VENTILADORES U.P COBRIZA - OCTUBRE 2019**

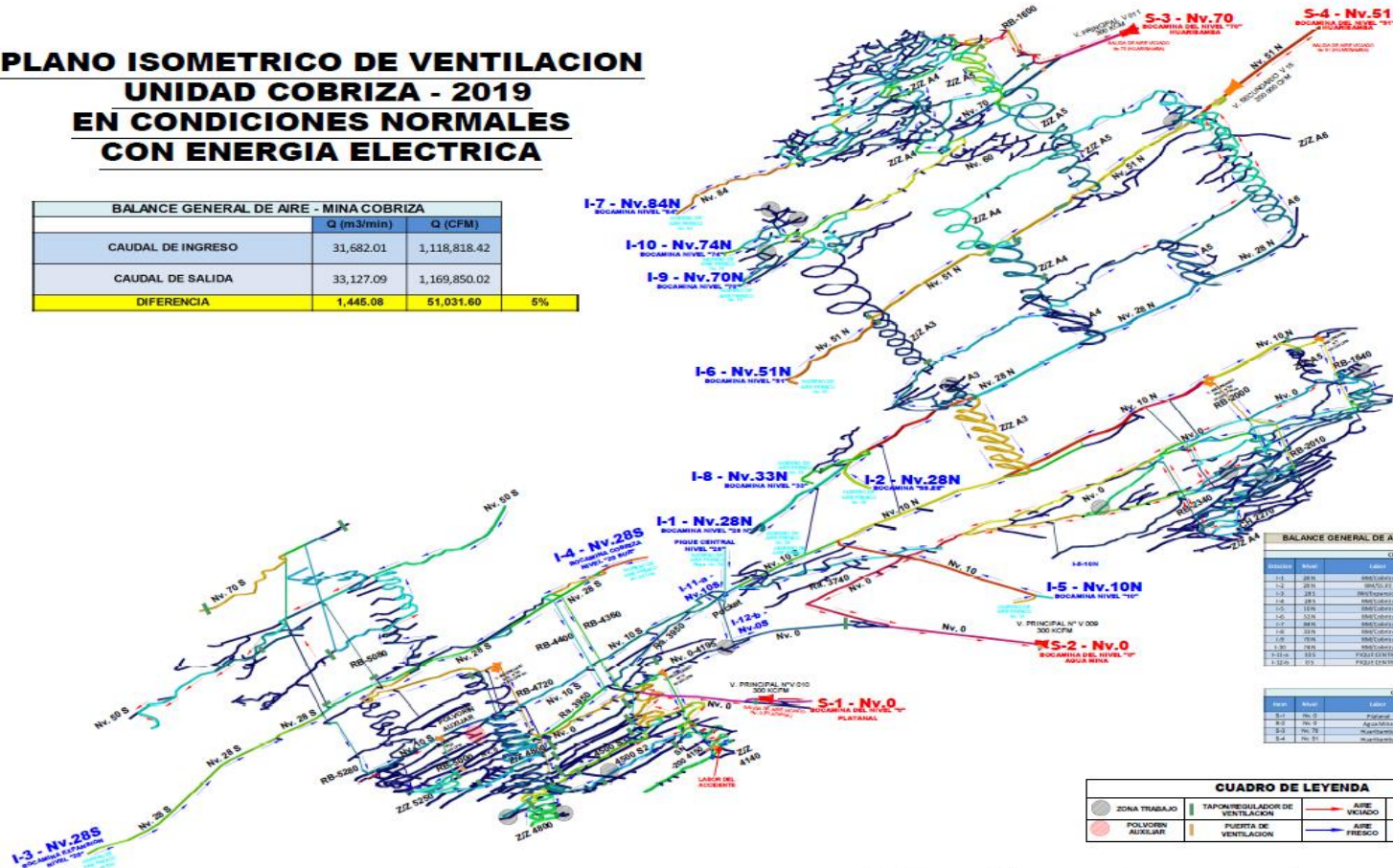
# VENTILADOR (CODIGO)	MARCA	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD (CFM)	UBICACIÓN	LABOR A VENTILAR	ESTADO	TIPO	SILENCIADORES	ALARMA	PANEL DE CONTROL
V 1	Alphair	60	40,000	Nv. 0 - Ra. 2980	TJ. (-) 30-2570	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 2	El Tigre	125	50,000	(-) 200-4800-CH.4710	TJ. 4500-S2-SUR	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 3	Alphair	75	40,000	(-) 200-4800-CH.4710	TJ. (-) 200-4820	INOPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 4	Alphair	60	40,000	Ra. (-) 130-2095	TJ. (-) 130-2300	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 5	JOY	60	40,000	Nv. 10 - Ra.3740	SN. 3740	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 6	JOY	100	50,000	MANTTO ELECTRICO	-	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 7	Airtec	250	100,000	10-A5 (RB-1640)	Zona V	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 8	Airtec	100	75,000	20-47/20 RB	Zona III	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 009	Bufalo	400	300,000	B/M Nv. 0 - AGUA MINA	Zona V	OPERATIVO	PRINCIPAL	No	Si	No
V 010	Bufalo	400	300,000	B/M Nv. 0 - PLATANAL	Zona III	OPERATIVO	PRINCIPAL	No	Si	No
V 011	Bufalo	400	300,000	B/M Nv. 70 - HUARIBAMBA	Zona Alta	OPERATIVO	PRINCIPAL	No	Si	No
V 12	JOY	125	60,000	Nv. 0 - 4195 (CH.4170)	Z/Z-4140	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 13	JOY	75	50,000	Nv. 74-2830 (Ra. +)	Ra. 2830 (+)	INOPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 14	Bufalo	400	300,000	MANTTO MECANICO	-	STAND BY	-	No	Si	No
V 15	El tigre	400	200,000	Nv. 51-A6 HUARIBAMBA	Zona Alta	OPERATIVO	SECUNDARIO	Si	No	No
V 16	Bufalo	45	40,000	Nv. 0-4195	0-3930 XCUT	INOPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 17	JOY	100	50,000	Nv. 60-2680-Z/Z	TJ. 2680-S4	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 18	JOY	100	50,000	MANTTO ELECTRICO	-	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 19	JOY	100	50,000	Nv. 74 (CH. 2840)	Ra. 74-2830	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 20	KORFMAN	40	40,000	Gal. 10 SUR (Secc:48/60))	Polvorin Nv.10 Sur	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No

V 21	Alphair	60	40,000	Nv.37-2770 (Torrepata)	TJ. 2943	INOPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 22	Alphair	60	40,000	TALLER VENTILACION	-	STAND BY	-	No	No	No
V 23	JOY	100	50,000	Gal. 10 SUR (RB-5000)	Z/Z 5250	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 24	El Tigre	125	50,000	10-20/20 RB	Zona V	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 25	JOY	100	50,000	10-20/20 RB	Zona V	OPERATIVO	-	No	No	No
V 26	JOY	75	50,000	TALLER VENTILACION	-	STAND BY	-	No	No	No
V 27	KORFMAN	40	40,000	Nv. 37 POLVORIN	CAMARA ACCESORIOS	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 28	El Tigre	40	15,000	MANTTO ELECTRICO	-	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 29	Alphair	60	40,000	(-) 130-5250-S3	TJ. 4995	INOPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 30	JOY	125	60,000	(-) 200-4140-Z/Z (CH 4160)	Poza 4170 y TJ. 4150	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 31	JOY	100	50,000	Nv. 10 - Ra.3740	TJ. 3335	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 32	KORFMAN	40	40,000	(-) 10-1620 (Z/Z A5)	TJ. 1620	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 33	Airtec	200	60,000	MANTTO ELECTRICO	-	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 34	El Tigre	125	50,000	(-) 10-1640 (RB-1640)	TJ. 1600	OPERATIVO	AUXILIAR	No	No	No
V 35	HURLEY GROUP	200	60,000	TALLER VENTILACION	-	STAND BY	-	No	No	No
V 36	Airtec	200	60,000	(-) 200-4800-CH.4710	Ra. (-) 200-4735	OPERATIVO	-	No	No	No
V 37	Airtec	100	75,000	MANTTO ELECTRICO	-	INOPERATIVO	-	No	No	No
V 38	JOY	100	75,000	20-47/20 RB	Zona III	OPERATIVO	SECUNDARIO	No	No	No
V 39	Airtec	100	75,000	MANTTO ELECTRICO	-	INOPERATIVO	-	No	No	No

# ANEXO N°: 2 PLANO ISOMÉTRICO DE VENTILACIÓN PRINCIPAL DE LA UNIDAD

## PLANO ISOMETRICO DE VENTILACION UNIDAD COBRIZA - 2019 EN CONDICIONES NORMALES CON ENERGIA ELECTRICA

BALANCE GENERAL DE AIRE - MINA COBRIZA			
	Q (m3/min)	Q (CFM)	
CAUDAL DE INGRESO	31,682.01	1,118,818.42	
CAUDAL DE SALIDA	33,127.09	1,169,850.02	
DIFERENCIA	1,445.08	51,031.60	5%



BALANCE GENERAL DE AIRE DE LA MINA U.M "COBRIZA" MAYO 2019						
CAUDAL DE INGRESOS DE AIRE						
Canal	Nivel	Ubicacion	Flujo	Area Ducto (m²)	Q (m³/min)	
1-1	28N	Int.Cobriza	148.00	26.50	4,113.00	10,059.00
1-2	28N	Int.Cobriza	147.50	23.40	2,035.00	5,191.50
1-3	28S	Int.Cobriza	146.00	26.50	3,881.00	10,168.00
1-4	28S	Int.Cobriza	145.50	23.30	3,120.00	8,066.50
1-5	10N	Int.Cobriza	144.00	26.50	3,742.00	10,158.00
1-6	10N	Int.Cobriza	143.50	24.40	2,098.00	5,777.00
1-7	51N	Int.Cobriza	142.00	26.50	2,982.00	8,158.00
1-8	51N	Int.Cobriza	141.50	24.40	1,786.00	4,888.00
1-9	70N	Int.Cobriza	140.00	26.50	3,730.00	10,149.00
1-10	74N	Int.Cobriza	139.50	23.30	3,068.00	8,328.00
1-11a	10N	Polvo Central	138.50	26.50	3,730.00	10,149.00
1-11b	10N	Polvo Central	138.00	23.30	2,035.00	5,491.50
1-12a	10N	Polvo Central	137.50	26.50	3,881.00	10,468.00
1-12b	10N	Polvo Central	137.00	23.30	2,035.00	5,491.50
				<b>Total</b>	<b>43,643.00</b>	<b>116,834.00</b>

CAUDAL DE SALIDAS DE AIRE						
Canal	Nivel	Ubicacion	Flujo	Area Ducto (m²)	Q (m³/min)	
3-1	Nv.0	Platano	143.00	26.50	4,106.00	10,068.00
3-2	Nv.0	Agua Blanca	142.50	26.50	4,106.00	10,068.00
3-3	Nv.0	Acandabamba	142.00	26.50	4,106.00	10,068.00
3-4	Nv.0	Acandabamba	141.50	26.50	4,106.00	10,068.00
				<b>Total</b>	<b>16,424.00</b>	<b>40,272.00</b>

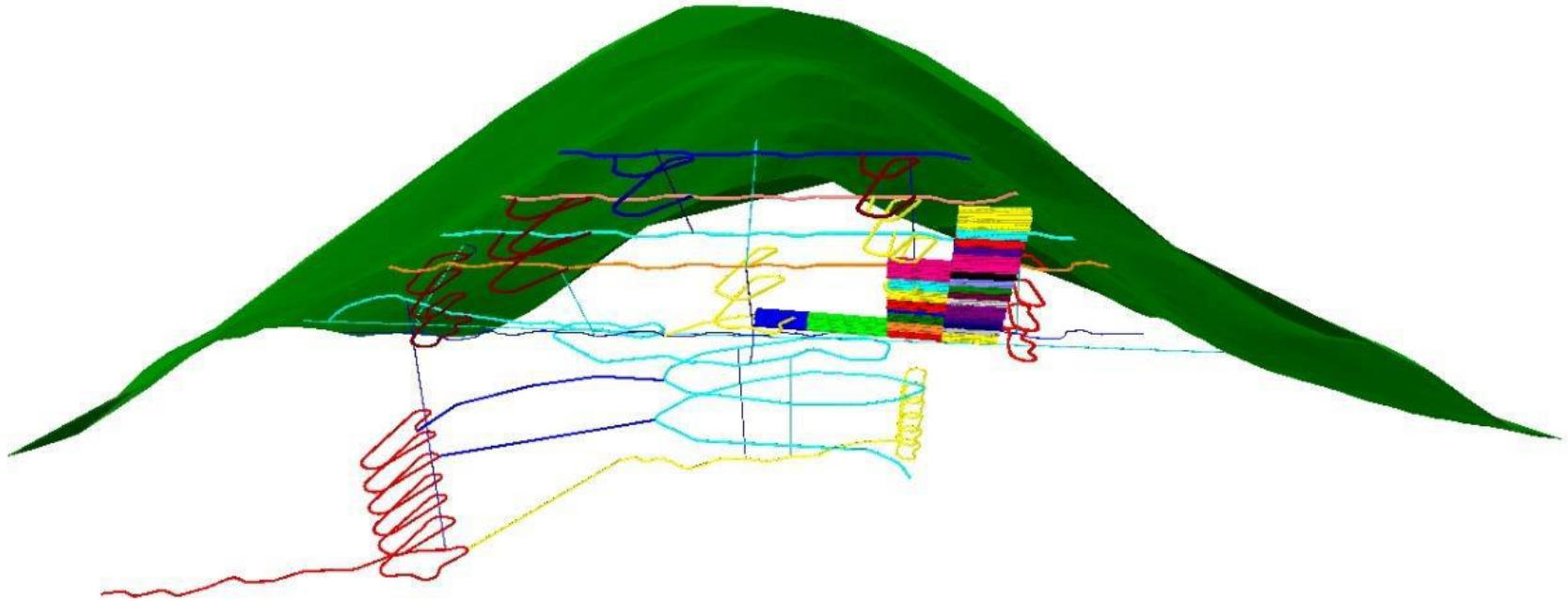
CUADRO DE LEGENDA			
	ZONA TRABAJADA		TAPON/REGULADOR DE VENTILACION
	POLVORIN AUXILIAR		PUERTA DE VENTILACION
	AIRE VIEJO		AIRE FRESCO
	VENTILADOR PRINCIPAL		ESTACION DE INGRESO
	VENTILADOR SECUNDARIO		ESTACION DE SALIDA

DISEÑADO POR: **ING. ESTRELLA AL. DEL ROSARIO**  
 REVISADO POR: **ING. ESTRELLA AL. DEL ROSARIO**  
 APROBADO POR: **ING. ESTRELLA AL. DEL ROSARIO**  
 FECHA: 2019-05-15

DEPARTAMENTO DE VENTILACION

LEA\_COBRIZA\_1126  
 PLAN DE BOMBAJE DE VENTILACION 2019  
 EN CONDICIONES NORMALES CON ENERGIA ELECTRICA

**ANEXO N°: 3 PLANO EN PERFIL DE ZONA III**





**ANEXO N°: 4 RELACIÓN DE EQUIPOS QUE TRABAJAN POR CADA GUARDIA**

**RELACION DE EQUIPOS DIESEL QUE LABORAN POR GUARDIA EN INTERIOR MINA - U.P COBRIZA**

EQUIPO	MARCA	MODELO	CON TURBO	CODIGO	PLACA	ESTADO	CAP. EFECTIVA POTENCIA (HP)	DISP. MECANICA	FAC. UTILIZACION
Robot	Putzmeister	4210	SI	28	-	Operativo	108	75%	50%
Mixcret	Putzmeister	Mixcret4	SI	184	-	Operativo	96	75%	50%
Mixcret	Putzmeister	Mixcret4	SI	112	-	Operativo	174	75%	50%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	-	W6F-946	Operativo	174	75%	25%
ScoopTram	CAT	R1600-G	SI	R5	-	Operativo	268	75%	70%
ScoopTram	CAT	R1600-G	SI	R6	-	Operativo	268	75%	70%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	C1	AEW-859	Operativo	130	75%	35%
Camion	Hino	Dutro	SI	-	ASI-910	Operativo	148	90%	25%
Jumbo Hid.	Sandvick	DD-410	SI	J-1	-	Operativo	110	60%	50%
Minicargador	Wacker Neuson	SW28	SI	MC-1	-	Operativo	74	60%	50%
Compresora	Sullair	375-DPQ	SI	COMP-1	-	Operativo	130	95%	30%
Jumbo Hid.	Atlas Copco	BF4L914	SI	JH-104	-	Operativo	96	85%	65%
Jumbo Hid.	Atlas Copco	BF4L914	SI	JH-105	-	Operativo	96	85%	65%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	-	AWH-840	Operativo	130	75%	35%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-42	C7V-794	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-62	DSU-777	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-67	D5S-725	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-24	D5P-801	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-44	C7X-791	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-54	F2H-863	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-55	F2I-709	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-61	F2I-764	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-64	F2I-877	Operativo	440	85%	70%
Volquete	Volvo	FM-6X4R	SI	E-65	F2I-730	Operativo	440	85%	70%
Volquete	M. Benz	-	SI	-	AXR-941	Operativo	440	85%	70%
Volquete	M. Benz	-	SI	-	BBH-801	Operativo	440	85%	70%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	-	AHC-770	Operativo	140	85%	35%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Zona Alta	W6E-925	Operativo	130	90%	60%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Zona Baja	BAS-780	Operativo	130	90%	60%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	SS.EE	BAV-828	Operativo	130	90%	50%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Ventilacion	BAT-701	Operativo	130	90%	60%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Topografia	BAT-855	Operativo	130	90%	50%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Geologia	BAS-870	Operativo	130	90%	50%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Cautivos	W6G-702	Operativo	130	90%	60%

Camioneta	Toyota	Hilux	SI	T. 60-2300	BAS-917	Operativo	130	90%	60%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Taller 5 1/2	BAS-919	Operativo	130	90%	50%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	T. Eléctrico	BAS-876	Operativo	130	90%	50%
Camion	Hino	Dutro	SI	Zona Alta	W6A-825	Operativo	110	90%	60%
Camion	Hino	Dutro	SI	Zona III	W6C-934	Operativo	110	90%	60%
Camion	Hino	Dutro	SI	Zona V	W6A-831	Operativo	110	90%	60%
Camion	Hino	Dutro	SI	SS.EE	W6A-829	Operativo	110	90%	50%
Camion	Hino	Dutro	SI	T. Eléctrico	W6A-827	Operativo	110	90%	50%
Camioneta	Toyota	Hilux	SI	Taller 28	ASB-793	Operativo	130	90%	60%
Jumbo Hid.	Atlas Copco	BOOMER B- 282	SI	EPG-0286	-	Operativo	77.8	60%	45%
Jumbo Hid.	Atlas Copco	BOOMER B- 282	SI	EPG-0289	-	Operativo	130	60%	45%
ScoopTram	DUX	DSL6	SI	EPS-0950	-	Operativo	340	84%	70%
ScoopTram	CAT	R2900G	SI	EPS-0900	-	Operativo	430	92%	70%
ScoopTram	CAT	R2900G	SI	EPS-0901	-	Operativo	430	92%	70%
ScoopTram	Atlas Copco	ST-14	SI	EPS-0902	-	Operativo	335	59%	70%
ScoopTram	Atlas Copco	ST-14	SI	EPS-0904	-	Operativo	335	49%	70%
Camion	DUX	DT-30	SI	EPT-0586	-	Operativo	377	75%	70%
Camion	DUX	DT-36	SI	EPT-0591	-	Operativo	400	75%	70%
Camion	DUX	DT-36	SI	EPT-0592	-	Operativo	400	65%	70%
Camion	DUX	DT-36	SI	EPT-0594	-	Operativo	400	65%	70%
Scaler	Teledyne	DS/25-2/235	SI	EPV-0758	-	Operativo	122	69%	50%
Scaler	Teledyne	LP15 ARW DSTB1	SI	EPF-0868	-	Operativo	86	38%	50%
Scaler	Breaker Technology	BTI-DS25-II	SI	EPV-0759	-	Operativo	122	60%	50%
Scaler	Breaker Technology	BTI-DS25-II	SI	EPV-0760	-	Operativo	122	60%	50%
AnfoLoader	Teledyne	ALB9	SI	EPV-0851	-	Operativo	86	77%	50%
AnfoLoader	EIMCO	-299190	SI	EPV-0885	-	Operativo	86	65%	50%
AnfoLoader	RDH	ANM12	SI	EPV-0852	-	Operativo	139	65%	50%
C. Frontal	Kawasaki	85Z	SI	EPL-0273	-	Operativo	226	68%	50%
Tractor	CAT	814F	SI	EPB-0814	-	Operativo	180	60%	50%
Retroexcavadora	CASE	580 SUPER L	SI	EPP-0289	-	Operativo	86	80%	50%
Compresora	SULLAIR	375 H	SI	SAC-017	-	Operativo	130	75%	30%

**ANEXO N°: 5 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL.**

<b>LISTADO DE PERSONAL MINA - U.M COBRIZA (OCTUBRE - 2019)</b>						
<b>Cantidad de Personal (Obreros - Empleados)</b>						
<b>EMPRESA</b>	<b>N° Obreros</b>	<b>N° Empleados</b>	<b>N° Obreros</b>	<b>N° Empleados</b>	<b>N° Obreros</b>	<b>N° Empleados</b>
	<b>T/DIA - G1</b>		<b>T/NOCHE - G2</b>		<b>D/LIBRE - G3</b>	
ZONA ALTA	22	2	22	2	22	2
ZONA III	22	2	22	2	22	2
ZONA V	12	2	11	2	10	2
SERVICIOS MINA	15	2	12	1	15	2
VENTILACION MINA	3	1	3	0	3	1
MANTENIMIENTO	12	2	10	1	10	2
TOPOGRAFIA - PLANEAMIENTO	3	1	3	0	3	1
GEOLOGIA - INGENIERIA	3	2	3	0	3	2
SEGURIDAD	1	1	0	1	1	1
<b>SubTotal CIA. DOE RUN PERU</b>	<b>93</b>	<b>15</b>	<b>86</b>	<b>9</b>	<b>89</b>	<b>15</b>
VIC2-ROOM	15	3	12	2	10	2
ESPINOZA	13	1	12	1	13	1
CEFA	3	1	3	1	3	1
Otros ECM	22	4	17	3	20	5
<b>Sub-Total General</b>	<b>146</b>	<b>24</b>	<b>130</b>	<b>16</b>	<b>135</b>	<b>24</b>
<b>Total, General</b>	<b>170</b>		<b>146</b>		<b>159</b>	
*CANTIDAD DE PERSONAL POR GUARDIA (LA MAS NUMEROSA)						

### ANEXO N°: 6 COSTO DE ENERGÍA ZONA III.

ITEM	ZONAS	COTA	LABOR O LUGAR DE UBICACION - MINA - SUPERFICE	TIPO	C O D.	CF M	H P	TOTAL HORAS	kW att	Factor	Consumo	Costo Energia
											(kWatt-Hr/mes)	( US\$/mes )
1	ZONA 1	1900	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	Z-87	280.00	235	636	271.58	0.86	211128.93	8490.41
2	ZONA 1	-	CHIMENEA	INYECTOR	H-20	110.00	275	636	230.55	0.86	74554.62	8220.96
3	ZONA 1	1800	RAISE BORER	INYECTOR	A-66	50.00	300	591	249.20	0.86	54466.34	6505.43
4	ZONA 1	2000	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	A-67	50.00	300	636	249.20	0.86	46633.86	7252.53
5	ZONA 1	1900	28 SUR - RAISE BORER	INYECTOR	A-69	50.00	300	636	249.20	0.86	86633.86	5252.53
6	ZONA 1	1800	28 SUR - RAISE BORER N° 28	INYECTOR	A-89	50.00	300	636	249.20	0.86	76633.86	7252.53
7	ZONA 1	1800	BY PASS 4490 - R/B. N° 25 - CRUCERO 4870	EXTRACTOR	A-91	50.00	300	636	249.20	0.86	86633.86	7252.53
8	ZONA 1	2000	SUR - RAISE BORER	EXTRACTOR	A-94	50.00	300	636	249.20	0.86	56633.86	7252.53
9	ZONA 1	1900	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	EXTRACTOR	A-95	50.00	85	636	45.95	0.86	46237.70	4094.70
10	ZONA 1	1800	CHIMENEA	INYECTOR	A-42	50.00	300	636	249.20	0.86	86633.86	7252.53
11	ZONA 1	4465	RAISE BORER	INYECTOR	A-24	50.00	110	636	64.60	0.86	58316.93	5126.27
12	ZONA 1	-	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	EXTRACTOR	A-25	60.00	110	636	64.60	0.86	58316.93	3126.27
13	ZONA 1	-	28 SUR - RAISE BORER	ENSERIODOS	A-26	60.00	110	636	64.60	0.86	58316.93	5126.27
14	ZONA 1	1800	28 SUR - RAISE BORER N° 28	EXTRACTOR	B-13	60.00	110	450	64.60	0.86	26412.00	3401.58
15	ZONA 1	2000	28 SUR - RAISE BORER N° 28	ENSERIODOS	A-97	50.00	55	636	45.95	0.86	46237.70	4094.70
16	ZONA 1	1900	BY PASS 4490 - R/B. N° 25 - CRUCERO 4870	ENSERIODOS	A-102	50.00	65	636	65.95	0.86	56237.70	5094.70
17	ZONA 1	1800	SUR - RAISE BORER	ENSERIODOS	C-2	50.00	50	636	54.76	0.86	48990.16	4475.76
18	ZONA 1	1800	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	ENSERIODOS	J-15	50.00	48	520	48.35	0.86	20477.42	694.77
19	ZONA 1	2000	CHIMENEA	INYECTOR	A-20	40.00	38	636	40.89	0.86	23528.74	1355.35
20	ZONA 1	1900	RAISE BORER	INYECTOR	C-A-10	40.00	50	636	54.76	0.86	18990.16	3475.76
21	ZONA 1	1800	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	B-6	40.00	50	814	64.76	0.86	18123.60	1401.76
22	ZONA 1	1800	28 SUR - RAISE BORER	EXTRACTOR	A-28	40.00	65	836	65.95	0.86	26237.70	2094.70
23	ZONA 1	2000	28 SUR - RAISE BORER N° 28	INYECTOR	A-29	40.00	65	852	65.95	0.86	42101.87	1741.50
24	ZONA 1	1900	RAMPA (-) 4800	INYECTOR	A-30	40.00	55	40	65.95	0.86	0.00	0.00
25	ZONA 1	1800	BY PASS VENTANA N° 4 - TAJEO 2300	EXTRACTOR	A-81	40.00	50	536	54.76	0.86	8990.16	3475.76
26	ZONA 1	1800	POLVORIN DE ANFO 4800	EXTRACTOR	A-82	40.00	50	636	54.76	0.86	38990.16	3475.76
27	ZONA 1	2000	BY PASS - POZA DE BOMBAS 4950	ENSERIODOS	A-70	40.00	50	536	54.76	0.86	38990.16	3475.76
28	ZONA 1	1900	POLVORIN DE ANFO AUXILIAR ZONA III	ENSERIODOS	A-71	40.00	50	636	64.76	0.86	38990.16	3475.76
29	ZONA 1	1800	TAJO NORTE 1506 - BY PASS 2300	EXTRACTOR	A-72	50.00	50	636	64.76	0.86	38990.16	3475.76
30	ZONA 1	1800	GALERÍA NIVEL 0 - TAJEO 1405 N.	ENSERIODOS	A-73	50.00	50	461	64.76	0.86	20280.48	677.95
31	ZONA 1	2000	GALERÍA NIVEL 10 SUR.	-	A-74	30.00	50	436	64.76	0.86	18990.16	3475.76
32	ZONA 1	1900	TAJO NORTE 1506 - BY PASS 2300	INYECTOR	A-51	50.00	65	536	65.95	0.86	26237.70	2094.70
33	ZONA 1	1800	GALERÍA NIVEL 0 - TAJEO 1405 N.	EXTRACTOR	A-52	50.00	65	636	65.95	0.86	46237.70	2094.70
34	ZONA 1	1800	GALERÍA NIVEL 10 SUR.	EXTRACTOR	A-57	50.00	65	736	65.95	0.86	46237.70	2094.70
35	ZONA 1	2000	BY PASS VENTANA N° 4 - TAJEO 2300	EXTRACTOR	A-35	50.00	65	836	65.95	0.86	46237.70	4094.70
36	ZONA 1	1900	POLVORIN DE ANFO 4800	INYECTOR	A-31	50.00	65	894	65.95	0.86	29398.98	2656.67
37	ZONA 1	1800	BY PASS - POZA DE BOMBAS 4950	INYECTOR	A-33	50.00	65	436	65.95	0.86	26237.70	2094.70
38	ZONA 1	1900	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	A-47	60.00	40	436	62.38	0.86	24495.08	2237.88
39	ZONA 1	-	CHIMENEA	INYECTOR	A-50	50.00	55	636	65.95	0.86	26237.70	4094.70
40	ZONA 1	1800	RAISE BORER	INYECTOR	A-92	50.00	50	636	59.84	0.86	29326.77	3650.51
41	ZONA 1	2000	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	H-5	50.00	45	536	43.43	0.86	6697.05	642.73
42	ZONA 1	1900	28 SUR - RAISE BORER	INYECTOR	A-45	40.00	55	36	47.16	0.86	21112.89	849.04
43	ZONA 1	1800	28 SUR - RAISE BORER N° 28	INYECTOR	A-55	40.00	50	636	39.84	0.86	29326.77	2650.51
44	ZONA 1	1800	BY PASS 4490 - R/B. N° 25 - CRUCERO 4870	INYECTOR	A-58	40.00	50	636	49.84	0.86	29326.77	2650.51
45	ZONA 1	2000	SUR - RAISE BORER	INYECTOR	A-61	40.00	50	636	59.84	0.86	29326.77	2650.51
46	ZONA 1	1900	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	EXTRACTOR	A-16	40.00	55	636	31.19	0.86	3247.54	718.94
47	ZONA 1	1800	CHIMENEA	EXTRACTOR	A-18	40.00	55	636	31.19	0.86	3247.54	518.94
48	ZONA 1	4465	RAISE BORER	EXTRACTOR	A-21	40.00	58	636	43.43	0.86	5697.05	642.73

49	ZONA 1	-	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	A-75	40,000	50	636	44,92	0,86	6663.39	825.25	
50	ZONA 1	-	28 SUR - RAISE BORER	INYECTOR	A-76	40,000	40	36	44,92	0,86	7663.39	725.25	
51	ZONA 1	1800	28 SUR - RAISE BORER N° 28	EXTRACTOR	A-77	40,000	40	343	44,92	0,86	2877.53	360.34	
52	ZONA 1	2000	28 SUR - RAISE BORER N° 28	ENSERIAS DO	A-78	40,000	40	605	44,92	0,86	7630.45	266.24	
53	ZONA 1	1900	BY PASS 4490 - R/B. N° 25 - CRUCERO 4870	EXTRACTOR	A-79	40,000	40	343	54,92	0,86	2877.53	360.34	
54	ZONA 1	1800	SUR - RAISE BORER	ENSERIAS DOS	A-80	40,000	40	536	54,92	0,86	8663.39	725.25	
55	ZONA 1	1800	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	ENSERIAS DOS	A-98	40,000	40	636	52,38	0,86	24495.08	2237.88	
56	ZONA 1	2000	CHIMENEA	ENSERIAS DO	A-99	40,000	40	636	52,38	0,86	24495.08	3237.88	
57	ZONA 1	1900	RAISE BORER	ENSERIAS DO	A-103	40,000	40	636	52,38	0,86	24495.08	2237.88	
58	ZONA 1	1800	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	A-105	40,000	40	536	52,38	0,86	24495.08	2237.88	
59	ZONA 1	1800	28 SUR - RAISE BORER	INYECTOR	A-111	40,000	40	50	62,38	0,86	0.00	0.00	
60	ZONA 1	1800	POLVORIN DE ANFO 4800	INYECTOR	B-7	40,000	59	636	4,71	0,86	3348.52	471.36	
61	ZONA 1	2000	BY PASS - POZA DE BOMBAS 4950	EXTRACTOR	B-6	40,000	42	439	8,59	0,86	2882.78	360.79	
62	ZONA 1	1900	POLVORIN DE ANFO AUXILIAR ZONA III	EXTRACTOR	H-6	40,000	68	636	53,43	0,86	7697.05	542.73	
63	ZONA 1	1800	TAJO NORTE 1506 - BY PASS 2300	ENSERIAS DO	B-2	40,000	45	636	6,71	0,86	3348.52	471.36	
<b>TOTAL GENERAL</b>									41783	3382	0,86	1976147	168763
<b>COSTO DE ENERGIA \$/MES</b>												168,762.92	
<b>TONELADAS METRICAS EXTRAIDAS- MARZO</b>												50,268.69	
<b>COSTO TOTAL \$/TME</b>												3.36	

### ANEXO N°: 7 COSTO DE ENERGÍA ZONA II

ITE M	ZONAS	COTA	LABOR O LUGAR DE UBICACIÓN - MINA - SUPERFICE	TIPO	COD.	CFM	HP	TOTAL HORAS	kWatt	Factor	Consumo	Costo Energía
											(kWatt-Hr/mes)	( US\$/mes )
1	ZONA 2	1900	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	H-30	100,000	176	299	131.55	0.86	46303.34	4100.31
2	ZONA 2	-	CHIMENEA	INYECTOR	A-65	100,000	300	513	147.21	0.86	44356.54	5642.05
3	ZONA 2	1800	RAISE BORER	INYECTOR	A-64	50,000	225	674	90.21	0.86	50396.16	4157.83
4	ZONA 2	2000	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	A-36	40,000	325	590	92.22	0.86	30209.40	2433.88
5	ZONA 2	1900	28 SUR - RAISE BORER	INYECTOR	A-37	50,000	225	567	92.22	0.86	50396.16	4157.83
6	ZONA 2	1800	28 SUR - RAISE BORER N° 28	INYECTOR	A-40	50,000	225	678	90.25	0.86	50396.16	4157.83
7	ZONA 2	1800	BY PASS 4490 - R/B. N° 25 - CRUCERO 4870	EXTRACTOR	A-22	300,000	200	678	73.61	0.86	38316.93	3126.27
8	ZONA 2	2000	SUR - RAISE BORER	EXTRACTOR	A-23	300,000	100	576	73.62	0.86	38316.93	3126.27
9	ZONA 2	1900	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	EXTRACTOR	A-96	200,000	50	234	50.91	0.86	46237.70	2094.70
10	ZONA 2	1800	CHIMENEA	INYECTOR	A-101	300,000	50	854	59.91	0.86	46237.70	4094.70
11	ZONA 2	4465	RAISE BORER	INYECTOR	A-3	60,000	75	867	31.80	0.86	33192.13	2980.61
12	ZONA 2	-	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	EXTRACTOR	A-83	50,000	50	345	43.75	0.86	38990.16	3475.76
13	ZONA 2	-	28 SUR - RAISE BORER	ENSERIADO	A-84	60,000	50	756	43.75	0.86	38990.16	3475.76
14	ZONA 2	1800	28 SUR - RAISE BORER N° 28	EXTRACTOR	A-62	60,000	50	498	54.94	0.86	49792.87	2690.31
15	ZONA 2	2000	28 SUR - RAISE BORER N° 28	ENSERIADOS	A-56	60,000	300	334	54.94	0.86	29202.04	3636.85
16	ZONA 2	1900	BY PASS 4490 - R/B. N° 25 - CRUCERO 4870	ENSERIADOS	A-32	50,000	225	678	54.94	0.86	46237.70	4094.70
17	ZONA 2	1800	SUR - RAISE BORER	ENSERIADO	A-46	65,000	50	876	21.37	0.86	14495.08	2237.88
18	ZONA 2	1800	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	ENSERIADO	A-27	40,000	50	675	54.94	0.86	56237.70	4094.70
19	ZONA 2	2000	CHIMENEA	INYECTOR	A-4	70,000	75	876	19.88	0.86	13528.74	2155.35
20	ZONA 2	1900	RAISE BORER	INYECTOR	A-93	50,000	60	875	28.83	0.86	29326.77	2650.51
21	ZONA 2	1800	PIE DE RAISE BORER N° 50 - CRUCERO	INYECTOR	A-54	60,000	60	456	28.83	0.86	59326.77	2650.51
22	ZONA 2	1800	28 SUR - RAISE BORER	EXTRACTOR	A-48	50,000	50	476	23.82	0.86	4256.14	378.07
23	ZONA 2	2000	28 SUR - RAISE BORER N° 28	INYECTOR	A-41	70,000	25	857	16.15	0.86	1112.89	849.04
24	ZONA 2	1900	RAMPA (-) 4800	INYECTOR	A-59	50,000	50	234	28.82	0.86	29326.77	1550.51
25	ZONA 2	1800	BY PASS VENTANA N° 4 - TAJEO 2300	EXTRACTOR	A-60	40,000	50	567	43.75	0.86	38990.16	3475.76
26	ZONA 2	1800	POLVORIN DE ANFO 4800	EXTRACTOR	A-11	40,000	100	346	6.45	0.86	4223.32	375.27
27	ZONA 2	2000	BY PASS - POZA DE BOMBAS 4950	ENSERIADO	A-17	60,000	200	5	10.18	0.86		
28	ZONA 2	1900	POLVORIN DE ANFO AUXILIAR ZONA III	ENSERIADO	B-10	70,000	100	3	7.94	0.86		
29	ZONA 2	1800	TAJO NORTE 1506 - BY PASS 2300	EXTRACTOR	A-31	70,000	50	765	10.18	0.86	6247.54	318.94
30	ZONA 2	1800	GALERÍA NIVEL 0 - TAJEO 1405 N.	ENSERIADO	A-100	70,000	50	674	21.37	0.86	24495.08	1337.88
31	ZONA 2	2000	GALERÍA NIVEL 10 SUR.	-	A-104	70,000	225	3	22.38	0.86	30.00	0.00
32	ZONA 2	1900	TAJO NORTE 1506 - BY PASS 2300	INYECTOR	A-106	70,000	50	2	21.37	0.86	40.00	0.00
33	ZONA 2	1800	GALERÍA NIVEL 0 - TAJEO 1405 N.	EXTRACTOR	A-107	50,000	75	654	21.31	0.86	24495.08	1437.88
34	ZONA 2	1800	GALERÍA NIVEL 10 SUR.	EXTRACTOR	A-117	50,000	75	8	21.37	0.86	10.00	110.00
35	ZONA 2	2000	BY PASS VENTANA N° 4 - TAJEO 2300	EXTRACTOR	A-118	50,000	75	4	21.37	0.86	30.00	320.00
36	ZONA 2	1900	POLVORIN DE ANFO 4800	INYECTOR	A-10	70,000	50	745	6.45	0.86	3831.69	612.63
37	ZONA 2	1800	BY PASS - POZA DE BOMBAS 4950	INYECTOR	CENFR F.	50,000	60	88	5.70	0.86	449.47	146.93
38	ZONA 2	4465	POLVORIN DE ANFO AUXILIAR ZONA III	INYECTOR	A-44	50,000	75	853	7.35	0.86	6411.50	562.14
PRECIO DE ENERGÍA \$/MES								20384	1683	33	853427	72883
TONELAJE METRICAS EXTRAIDAS EN MES DE MARZO												72,882.65

PRECIO TOTAL \$/TONELADAS METRICAS.	50,268.69
	1.45