



**Universidad  
Continental**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

**Diseño del Sistema de Ventilación en el  
NV 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera  
el Porvenir-MILPO**

**Vicencio Ibañez Zamudio**

Huancayo, 2018

Tesis para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

A Dios, por haber guiado mis pasos durante mi vida universitaria y ahora profesionalmente y permitirme llegar a este punto y lograr mis objetivos trazados.

A Vicencio y Esther, mis padres, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo el tiempo, para poder acabar mi carrera y poder ser un buen profesional.

A Karol, mi pareja, por el amor y cariño que siempre me brindó, dándome su apoyo en todo momento.

Y en especial para mi adorado hijo Mateo, quien es la razón y motivo para salir adelante y darle la mejor vida que se merece.

Vicencio Ibáñez Zamudio

## **AGRADECIMIENTO**

A la universidad Continental – Huancayo, a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, que tanto me enorgullece, asimismo agradecer a los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quienes contribuyeron en mi formación académica.

A mi asesor de tesis el ingeniero Aníbal Antonio Meza Castañeda por todo el gran conocimiento que me brindó durante todo este proceso de la elaboración de mi tesis.

A la empresa especializada Martínez Contratistas e Ingeniería por haber dado la oportunidad de laborar para ellos.

A los ingenieros de la Empresa Minera Milpo Unidad El Porvenir por el apoyo que me brindaron para poder realizar mi tesis y por las experiencias impartidas.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

### CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1 Problema general.....	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivo específico.....	16
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.5 LIMITACIÓN DE ESTUDIO.....	17
1.5.1 Limitación tecnológica.....	17
1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	17

### CAPÍTULO II

2.1 BASES TEÓRICAS.....	18
2.1.1 Ventilación en el nivel 4050 Veta Don Ernesto.....	18
2.1.2 Levantamiento de ventilación.....	18
2.1.3 Trabajos de ventilación.....	20
2.1.4 Objetivos de ventilación.....	21
2.1.5 Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería.....	21
2.1.6 Proyecto de ventilación NV 4050 Veta Don Ernesto.....	22
2.1.7 Servicio de ventilación en la mina.....	22

2.1.8 Planos de ventilación.....	23
2.1.9 Registros de ventilación.....	23
2.1.10 Presión de ventilación.....	23
2.1.11 Ventilación principal.....	24
2.1.12 Ventilación auxiliar.....	24
2.1.13 Métodos de ventilación auxiliar.....	26
2.1.14 Factores para la selección del método a usar.....	27
2.1.15 Resistencia del sistema de ventilación auxiliar.....	27
2.1.16 Ductos.....	28
2.1.17 Tipos de ductos o mangas de ventilación.....	29
2.1.18 Ventiladores para minas subterráneas.....	29
2.1.19 Reglas de los ventiladores.....	37
2.1.20 Selección de un ventilador.....	38
2.1.21 Ventiladores en Mina El Porvenir Milpo.....	39
2.2 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	40
2.2.1 Hipótesis General.....	40
2.2.2 Hipótesis Específicos.....	40

### **CAPÍTULO III**

3.1 METODOLOGÍA .....	41
3.1.1 Tipo de investigación .....	41
3.1.2 Nivel de investigación .....	41
3.1.3 Diseño de investigación .....	41
3.1.4 Población y muestra.....	41
3.1.5 Identificación de la variables.....	42
3.1.6 Técnicas de recolección de datos.....	42
3.1.7 Procedimiento de recolección de datos.....	42

### **CAPÍTULO IV GENERALIDADES**

4.1 ASPECTOS GENERALES.....	43
4.1.1 Ubicación.....	43
4.1.2 Accesibilidad.....	44

4.2 FISIOLÓGÍA.....	44
4.3 ASPECTO LEGALES.....	44
4.4 RECURSOS NATURALES.....	46
4.5 HISTORIA.....	46

## **CAPÍTULO V GEOLOGÍA**

5.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	47
5.2 ESTRATIGRAFÍA.....	49
5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	51
5.4 GEOLOGÍA LOCAL.....	53
5.4.1 Descripción de labores.....	53
5.4.2 Afloramientos.....	57
5.4.3 Cuerpos mineralizados.....	57
5.5 GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	58
5.5.1 Mineralogía.....	58
5.6 MORFOLOGÍA.....	60
5.7 ALTERACIONES.....	61
5.8 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.....	62
5.8.1 Control litológico.....	63
5.8.2 Control mineralógico.....	63
5.8.3 Control estructural.....	64
5.8.4 Control por contacto.....	65
5.9 PARAGÉNESIS.....	65
5.10 ZONAMIENTO MINERAL.....	66
5.10.1 Zonamiento horizontal.....	66
5.10.2 Zonamiento vertical.....	67
5.11 TIPO DE YACIMIENTO.....	67
5.12 RESERVAS MINERALES.....	68

## **CAPÍTULO VI**

### **LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN**

6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA VENTILACIÓN EN LA MINA MILPO EL PORVENIR NIVEL 4050 – VETA DON ERNESTO.....	70
6.2 VENTILACIÓN PRINCIPAL.....	71
6.3 CÁLCULO DE ÁREAS DE LAS ESTACIONES.....	71
6.4 CÁLCULO DE PERÍMETRO.....	72
6.5 TEMPERATURA SECA Y HUMEDA.....	73
6.6 LONGITUD DE LAS LABORES ENTRE ESTACIONES.....	74
6.7 LONGITUD EQUIVALENTE.....	75
6.8 CARACTERÍSTICAS DE LAS LABORES.....	78
6.9 DETECCIÓN DE CONTAMINANTES.....	79
6.10 CAUDAL DE AIRE REQUERIDO.....	80
6.10.1 Caudal según el número de personas.....	80
6.10.2 Caudal para los equipos Diésel autorizados.....	82
6.10.3 Caudal para dilución de contaminantes.....	83
6.10.4 Caudal de aire total.....	85
6.11 REQUERIMIENTO DE AIRE.....	85
6.12 BALANCE DE FLUJOS.....	86
6.13 CAÍDA DE PRESIÓN.....	87

## **CAPÍTULO VII**

### **ASPECTOS FINANCIEROS COSTOS**

7.1 COSTO DE VENTILACIÓN.....	89
7.1.1 Costos fijos o de propiedad.....	89
7.1.2 Costos de operación.....	90
7.1.3 Costos de energía eléctrica.....	91
7.1.4 Costos de salarios del personal.....	93
7.1.5 Resumen de hoja de cálculos de costos.....	93
7.1.6 Costo por tonelada métrica.....	94

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía del ventilador axial .....	32
Figura 2. Fotografía del ventilador axial .....	33
Figura 3. Ubicación geográfica de la Compañía minera Milpo El Porvenir.....	45
Figura 4. Ubicación geológica regional de la Compañía minera Milpo El Porvenir.....	48
Figura 5. Ubicación geológica local de la Compañía Minera Milpo El Porvenir.....	54
Figura 6. Sección transversal estructural E-W.....	55
Figura 7. Sección transversal estructural E-W.....	56
Figura 8. Leyenda de la sección transversal estructural E-W.....	56
Figura 9. Cargos equivalentes en pies (le) para varias fuentes de pérdida por choque (Le en pies).....	75

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Columna estratigráfica de la región Milpo.....	51
Cuadro 2. Mineral cubicado y explotado.....	69
Cuadro 3. Cálculo de las áreas de cada estación.....	72
Cuadro 4. Cálculo de perímetro.....	73
Cuadro 5. Temperatura seca y húmeda.....	74
Cuadro 6. Longitud de las labores entre estaciones.....	74
Cuadro 7. Longitud equivalente.....	77
Cuadro 8. Características de las labores.....	78
Cuadro 9. Caudal según el número de personas.....	81
Cuadro 10. Caudal para los equipos diésel autorizados.....	82
Cuadro 11. Caudal CFM.....	83
Cuadro 12. Cantidad de explosivo (Kg).....	84
Cuadro 13. Caudal CFM.....	85
Cuadro 14. Caudal CFM.....	86
Cuadro 15. Balance de flujos.....	86
Cuadro 16. Caudales hallados.....	87
Cuadro 17. Tabla del coeficiente de fricción (K).....	88
Cuadro 18. La amortización, depreciación y costo de mantenimiento calculado.....	91
Cuadro 19. Cálculo de la potencia (P).....	92
Cuadro 20. Tiempo efectivo de operación (TE.....	92

Cuadro 21. Costo de la energía eléctrica (E).....	92
Cuadro 22. Costo de la energía eléctrica (E).....	93
Cuadro 23. Costos de salarios del personal.....	93
Cuadro 24. Resumen de hoja de cálculo de costos.....	93
Cuadro 25. Costo por tonelada métrica.....	92

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se titula “Implementación del sistema de ventilación en el Nivel 4050 veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo”. Cuyo objetivo general es “Determinar la factibilidad de la implementación y aplicación del sistema de ventilación, realizar la evaluación en tiempo real de los circuitos de ventilación en las labores del Nivel 4050 Veta Don Ernesto en la Unidad Minera El Porvenir – Milpo” y su objetivo específico es: “Realizar un levantamiento integral de ventilación para determinar un diagnóstico situacional e implementar todo el sistema de ventilación”.

En toda minería subterránea se dotará de flujo de aire de acuerdo a las necesidades del personal, equipos y dilución, para evacuar los agentes químicos presentes que pudieran afectar la salud del trabajador, todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto se refiere a la calidad de aire, deberá mantenerse dentro de los límites permisibles, siendo su objetivo suministrar aire limpio y fresco en cantidad y calidad suficientes de acuerdo al requerimiento integral, proporcionando un ambiente de trabajo seguro y saludable.

En una operación minera es importante la ventilación subterránea, porque se logra controlar los agentes químicos presentes monitoreando de acuerdo a los estándares de calidad y cumpliendo el reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería.

## **ABSTRACT**

The present research work is entitled "IMPLEMENTATION OF THE VENTILATION SYSTEM IN THE LEVEL 4050 VETA DON ERNESTO MINERAL UNIT EL PORVENIR - MILPO" whose general objective is "To determine the feasibility of the Implementation and application of the ventilation system, To carry out the evaluation in time of the ventilation circuits in the work of the Level 4050 Veta Don Ernesto in the Minera El Porvenir - Milpo Unit "and its specific objective is to carry out an integral ventilation survey to determine a situational diagnosis and implement the entire ventilation system.

In all underground mining will be provided with airflow according to the needs of personnel, equipment and dilution, to evacuate the chemical agents present that could affect the health of the worker, any ventilation system in the mining activity, as far as the air quality must be kept within the allowable limits, its objective being to supply clean and fresh air in sufficient quantity and quality according to the integral requirement, providing a safe and healthy work environment.

In a mining operation, underground ventilation is important because it is possible to control the chemical agents present by monitoring according to the quality standards and complying with the occupational safety and health regulations in mining.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las minas subterráneas necesitan un sistema de ventilación que va siendo más complejo cada día. Esto implica la necesidad de conocer con más profundidad el sistema de ventilación. Desde sus inicios hasta hoy, la ventilación de minas ha sido un proceso que tiene por objetivo el suministro de aire fresco proporcionando oxígeno a los trabajadores en interior de mina para la dilución de polvo y gases producto de las operaciones de perforación y voladura.

En estos últimos años han aumentado fuertemente los requerimientos de aire con el objetivo de diluir las fuertes concentraciones de gases tóxicos emitidos por los equipos diésel incorporados a las diversas operaciones en interior de mina.

La ventilación subterránea consiste en hacer circular por el interior de la mina el aire necesario para asegurar una atmósfera respirable y segura mediante el uso de ventiladores, el siguiente trabajo está constituido por los siguientes capítulos.

Capítulo I. El problema de investigación constituido por el planteamiento del problema, relacionado con la descripción de la realidad problemática sobre los efectos que causa y la mejora de la calidad de aire de la empresa minera, así mismo se resalta la formulación del problema, los objetivos que persigue el estudio y su justificación.

Capítulo II. Bases teóricas que describen cada una de las variables en estudio, el marco conceptual referido al sustento de las leyes de los gases perfectos y principios relacionados sobre el conocimiento y aplicación de ventilación de minas para mejorar la calidad de aire en las labores mineras.

Capítulo III. Metodología constituida por el tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población, muestra, variables, técnicas, instrumentos y recolección de datos.

Capítulo IV. Aspectos generales los cuales detallan la ubicación y la accesibilidad; así mismo, se muestra la fisiografía, aspecto legal, recursos naturales, y la historia de la mina.

Capítulo V. Geología que describen la geología regional, estratigrafía, geología estructural, geología local, geología económica, morfología, alteraciones, controles de mineralización, zonamiento, tipo de yacimiento y reservas minerales.

Capítulo VI. Levantamiento de ventilación, que detalla la descripción general de ventilación, la ventilación principal, también se realizó cálculo de áreas, perímetro, temperatura seca y húmeda, longitud de las labores entre estaciones y longitud equivalente. Todos estos cálculos se realizaron con los datos sacados en campo. También describen las características de las labores, detección de contaminantes, caudal de aire requerido, requerimiento de aire, balance de flujos y la caída de presión.

Capítulo VII. Se refiere a los resultados, donde se detallan los análisis obtenidos y los costos de ventilación incluyendo los costos fijos, costos de operación, costo de energía eléctrica y costo por tonelada métrica. El presente trabajo de investigación es un aporte para dar solución a los problemas propuestos en el presente trabajo.

Por último, tenemos las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía y los anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema principal es la contaminación del aire atmosférico en la mina Milpo - Porvenir en las labores de operación del nivel 4050 Veta Don Ernesto, por la combustión incompleta en los equipos diésel e impurezas del combustible, también el uso del explosivo y agentes de voladura es causa de la formación de agentes químicos tales como monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, gases sulfurosos, hollín e hidrocarburos no quemados. De igual manera por las altas temperaturas reinantes en interior de mina y por falta de circuitos de ventilación.

Entonces, la ventilación en minería es muy importante para controlar y mejorar la calidad del aire garantizando una dotación de aire fresco y limpio en los frentes de trabajo, aprovechando las condiciones naturales de la mina e implementando medios auxiliares necesarios y lograr un ambiente seguro, saludable y cómodo para los trabajadores mineros.



## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cuál es el Diseño del Sistema de Ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

¿Cuál es el resultado del levantamiento de Ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo?

¿Cuál es el caudal de aire necesario a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir - Milpo?

¿Cuál es el costo de Ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar el Diseño del Sistema de Ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Realizar el levantamiento de ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo.

Calcular el caudal de aire necesario a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo.

Determinar costo de ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación ejecutado en la empresa Minera Milpo Unidad El Porvenir, sobre el diseño del sistema de Ventilación en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto en la Unidad Minera El Porvenir – Milpo, surge ante la necesidad de dar un aporte muy importante para el mejoramiento de ventilación y así lograr un ambiente seguro y saludable para los trabajadores en interior de mina.

Al avanzar nuestras labores existe la deficiencia de ventilación puesto que los ventiladores que se están utilizando no cumplen con el aporte de caudal requerido de acuerdo al número de personas, equipos diésel y gases producto de la voladura.

Existen cuatro razones importantes por la que se debe proveer ventilación mecánica en las labores mineras:

- Proveer oxígeno para propósitos de respiración.
- Para diluir y remover gases nocivos producto de la voladura.
- Para diluir y remover la concentración de polvo suspendido.
- Para reducir las temperaturas en las labores mineras.

## **1.5 LIMITACIONES DE ESTUDIO**

### **1.5.1 Limitación tecnológica**

En el presente trabajo de investigación se tuvo limitaciones tecnológicas, por la carencia de equipos de medición de gases y la falta de implementación de software de ventilación (Ventsim Visual).

## **1.6 VIABILIDAD DEL ESTUDIO**

El presente estudio es viable porque permitió la evaluación del sistema de ventilación y las condiciones medio ambientales de las labores subterráneas, teniendo un sistema de ventilación adecuado se optimizan las operaciones mineras y un rendimiento eficiente de los trabajadores.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 BASES TEÓRICAS**

##### **2.1.1 Ventilación en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto**

Con la ventilación adecuada se suministrará aire fresco y regulado a las labores subterráneas de la mina y deberá ajustarse a lo siguiente:

- a)** En interior de mina proveer al trabajador el aire necesario para respirar.
- b)** Suministrar y diluir los gases asfixiantes tóxicos o inflamables evacuando hacia superficie hasta lograr un ambiente dentro de los límites permisibles.
- c)** Minimizar las concentraciones toxicas de polvo ambiental.
- d)** Disminuir las temperaturas altas en los niveles de profundización y controlar las influencias perjudiciales en corrientes de ventilación húmedas y calientes.

##### **2.1.2 Levantamiento de ventilación**

Al realizar el levantamiento de ventilación se obtiene un diagnóstico de todos los circuitos de la mina, lo que está ligado muy estrechamente con el planeamiento de minado.

El sistema de ventilación involucra las mediciones de velocidad de aire, diferencia de presiones, temperaturas, dimensiones de los conductos en puntos estratégicos.

El estudio proporciona los datos para calcular cantidades de aire, pérdidas de presión, densidad de aire y resistencia de los conductos, datos necesarios requeridos para los cálculos numéricos.

1. Elección del método de ventilación
2. Cálculo del volumen de aire necesario para satisfacer las necesidades de ventilación de la mina
3. Distribución de aire por las diferentes secciones de la mina
4. Cálculo de la depresión de ventilación natural y pueda actuar favorablemente con la ventilación mecánica
5. Cálculo del costo de ventilación.

Al inicio del planteamiento de la ventilación está el trabajo de campo.

El trabajo de campo está de acuerdo al planeamiento de la ventilación llamado también mapeo de ventilación y el procedimiento que seguimos es:

- 1) Reconocimiento de la mina
- 2) Factores de ventilación
- 3) Mapeo de levantamiento de ventilación

Es un punto de inicio muy importante de reconocimiento de la mina haciendo un recorrido por los diferentes conductos de aire, observando los lugares que necesitan ventilación, el sentido de flujo, los obstáculos que tiene que enfrentar el aire en su recorrido, los lugares donde existen concentración de gases, polvos en la mina.

Los factores de ventilación que tendremos en consideración son:

- El sentido del flujo de aire
- La velocidad del aire
- Área y perímetro de la sección

- Rugosidad de las paredes y los obstáculos que se presentan dentro del flujo.
- Densidad del aire al nivel de la mina
- Temperatura
- Forma geométrica de las curvas, distancias de transporte de mineral, número de cortadas sin aire, número de equipos, calidad de la roca, longitud de labores, número de hombres trabajando.

El mapeo de ventilación es el levantamiento depresiométrico en toda la mina, la estación considerada para realizar el mapeo se hace necesario con un mínimo de tres trabajadores; al final se realizará un balance de aire considerando un incremento del 25% para trabajos de ampliación de la mina y por factor de seguridad.

Consideramos la cantidad de aire que ingresa con la cantidad de aire que necesita la mina y finalmente evaluar el costo de ventilación para satisfacer los requerimientos actuales.

### **2.1.3 Los trabajos de ventilación en interior de mina son mencionados a continuación:**

- Aprovechamiento de los trabajos con suficiente cantidad de aire limpio
- Dilución por aire y minimización de diversos gases explosivos y tóxicos de las labores subterráneas
- Disminución de la concentración y eliminación del polvo suspendido en el aire, considerando los límites permisibles
- Disminución de la temperatura del aire en las labores profundas y húmedas en zonas calientes de la mina

#### **El cálculo del caudal del aire depende de:**

1. La cantidad de gases que se desprenden por la voladura
2. La producción diaria de mineral en los tajos
3. El mayor número de personas que se encuentran simultáneamente en las labores subterráneas
4. El consumo de explosivos en los frentes de trabajo

## 5. La presencia del polvo

El volumen del aire calculado según el reglamento por obrero es casi siempre menor del volumen de aire, determinado según los gases y el polvo.

En resumen, la ventilación es dotar de aire limpio a todas las labores de trabajo en interior de mina, de acuerdo a las necesidades del personal, maquinarias y evacuar los gases, humos y polvos suspendidos que pudieran afectar la salud del trabajador. En todo sistema de ventilación la calidad de aire, debe mantenerse dentro de los límites máximos permisibles (LMP).

### 2.1.4 Objetivos de la ventilación

Ventilación es una ciencia de la ingeniería, tiene como objetivo fundamental y propósito, el de proporcionar una calidad de aire óptimo para los equipos y para los trabajadores en interior de mina.

En una operación minera es importante la ventilación subterránea, porque se logra controlar monitoreando los agentes químicos, físicos presentes, reduciendo las concentraciones de acuerdo a los límites máximos permisibles, cumpliendo el reglamento de minería.

### 2.1.5 Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S.N° 024 – 2016 - EM

Titulo cuarto. Subcapítulo VIII – Ventilación

Artículos: 246, 248, 252, 253, 254, 255 y 256

Artículo 246:

Implementación del Sistema

### **2.1.6 Proyecto de ventilación NV 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir - Milpo**

El proyecto de ventilación de la mina el Porvenir – Milpo estará ligado estrechamente con proyectos de acceso y de explotación de la mina.

El contenido del proyecto de implementación de ventilación de la mina constará de:

- 1) Elección del esquema de ventilación y la ubicación de la instalación del ventilador, elección del método de ventilación: aspirante o impelente**
- 2) Cálculo del volumen de aire necesario para la ventilación de la mina**
- 3) Distribución del aire por las zonas y lugares de trabajo**
- 4) Cálculo de la depresión total del ventilador**
- 5) Elección del ventilador principal**
- 6) Cálculo del costo de ventilación**

### **2.1.7 Servicio de ventilación en la mina**

La obligación básica del área de ventilación consistirá en proveer a las labores del NV 4050 un caudal de aire conforme con las exigencias de producción y el reglamento de seguridad y salud ocupacional.

Los servicios de ventilación consisten en lo siguiente:

- 1) Control sistemático del estado de la ventilación y abastecimiento de todos los frentes de trabajo con la cantidad necesaria de aire**
- 2) Preparación y conservación al día de planos en 3D y proyecto de ventilación**
- 3) Mantenimiento de un registro de ventilación**
- 4) Construcción de las instalaciones de ventilación (puertas, tabiques, cortinas, tapones, etc.), su control y reparación**
- 5) Vigilancia constante de los ventiladores**
- 6) Control sistemático en las pérdidas de aire**
- 7) Abastecimiento oportuno de la mina con materiales y maquinarias de ventilación**

### **2.1.8 Planos de ventilación**

Los planos de ventilación se elaboran en base a los planos topográficos de labores mineras en escala: 1/500, 1/1000, 1/2000 para cada nivel separado. En los planos de ventilación se colocan los caudales y la dirección del movimiento del aire, la posición de todas las construcciones de ventilación (puertas, tabiques, etc.), la ubicación de ventiladores principales y auxiliares con sus características, la ubicación de las cámaras de refugios, la corriente entrante y saliente se indica con azul y rojo respectivamente.

El plano de ventilación se actualizará cada vez que sea necesario y/o existan cambios.

Cualquier cambio en el caudal y la dirección de la corriente de aire se marca en el plano de ventilación en forma inmediata al salir de la mina.

### **2.1.9 Registros de ventilación**

El área de ventilación es el responsable de los siguientes registros de ventilación:

- a) Libro de ventilación, donde se escriben los resultados de las mediciones y análisis del aire.
- b) Registro del monitoreo en forma diaria en las pizarras acrílicas ubicadas en el ingreso de los frentes de trabajo.

### **2.1.10 Presión de ventilación**

Es necesario algún tipo de presión para causar el flujo de aire de dos puntos en un circuito de aire en interior de minas.

El ventilador tiene como objetivo producir presión mecánica en algún punto del circuito, y la presión atmosférica o barométrica ejerce influencia en el flujo de aire en interior de mina.



La suma algebraica de la presión mecánica y presión atmosférica normal de ventilación es la presión de ventilación de la mina.

Si la presión de la mina o ducto es inferior a la atmosférica u otra presión básica el sistema es negativo o extractora, si ocurre lo inverso el sistema es positivo o impelente.

### **2.1.11 Ventilación principal**

Es el sistema de ventilación actuante estratégicamente ubicado en el NV 4050 que cubre, íntegramente, el aire entrante o saliente de la mina.

La resistencia del sistema es en función del diseño y mantenimiento de los conductos y generalmente por las operaciones de la mina, las características del ventilador son diseñados teniendo en cuenta la resistencia y condiciones de la mina para lograr una ventilación principal adecuada y eficiente.

### **2.1.12 Ventilación auxiliar**

#### **a) Generalidades**

La realidad de una buena y eficiente ventilación auxiliar se incrementa a medida que la mina se desarrolla y avanza con frentes ciegos, donde la ventilación principal es momentáneamente crítica. La ventilación en frentes ciegos se realiza cuando se extrae el aire contaminado y se abastece un caudal de aire limpio para tener un ambiente sano y seguro.

Este sistema está comprendido por el ventilador y sus respectivos accesorios o mangas que son instalados a lo largo de la labor y trabajos en forma aspirante, impelente o combinada.

## **b) Propósitos y objetivos**

Los objetivos principales para proveer de ventilación auxiliar en interior de mina son los siguientes:

- 1) Proveer suficiente aire para cubrir los requerimientos de dilución de gases producto de las voladuras.
- 2) Tener una velocidad suficiente de aire para lograr que las partículas de las rocas producto de la remoción de mineral sean transportadas por el aire de ventilación.
- 3) La ventilación brindará un bienestar y confort para el ambiente de trabajo con un costo razonable.

## **c) Variables**

1. Posición del flujo de retorno, verificar si el aire se desplaza por la parte alta, baja o por el medio de la sección de la labor, siendo importante para determinar la posición del ventilador o ducto cuando el método es aspirante.
2. Velocidad del aire, en ningún caso la velocidad del aire será menor de veinte metros por minuto (20 m/min) cuando se emplee dinamita, cuando se emplee explosivo anfo la velocidad del aire no será menor de veinticinco metros por minuto (25 m/min).
3. El área de la sección y longitud de la labor ciega
4. Es importante el tipo de explosivo que se utilizará en las voladuras.

## **d) Cantidad de aire necesario**

Se considera el aire necesario para la dilución y movimiento de gases y polvos producto de la voladura, influyendo el tipo de explosivo que se utilizará.

El caudal necesario en frentes ciegos se calcula en función de la velocidad mínima que deberá tener el flujo de aire que diluyen a niveles permisibles los gases tóxicos, siendo así:

$$Q = A \times V \quad \text{CFM}$$

**Donde:**

A = área de la sección transversal de la labor

V= velocidad del aire

Q= caudal del aire

Por rango de seguridad adicionamos un 25% del caudal calculado, debido a que siempre existen variaciones en las cantidades de explosivos utilizados, variando el volumen de gases tóxicos a diluir de la siguiente manera:

$$Q = 1.2 \times Q \quad \text{CFM}$$

### **2.1.13 Métodos de ventilación auxiliar**

Los tipos de ventilación que pueden ser usados son aspirante, impelente o combinada de ambos.

Con la ventilación impelente se realiza una presión positiva continua, se fuerza al conducto y se deja pasar el aire hacia el frente de las labores produciendo la evacuación de los gases por ductos rígidos o flexibles.

Con la ventilación aspirante hay una presión negativa causada por el aire a través de la abertura y se mueve al exterior por medio del ducto.

En la práctica es recomendable el uso de ductos rígidos, solo para distancias pequeñas, donde se utilizarán ductos flexibles reforzados con anillos metálicos para mantener abierto el ducto.

### 2.1.14 Factores para la selección del método a usar

1. La cantidad de aire que será necesaria para satisfacer la labor
2. Tipo y tamaño del ventilador
3. Diámetro, longitud y tipo de ducto
4. El aire tendrá que barrer los gases del frente y diluir siempre por debajo del límite de exposición ocupacional
5. Sección y longitud de las labores
6. El tiempo de ventilación
7. El costo de ventilación auxiliar

### 2.1.15 Resistencia del sistema de ventilación auxiliar

#### a) Sistema impelente

La pérdida de presión en la salida es igual a la presión de velocidad, considerando la resistencia de la labor hacia el aire que retorna del frente, además de las consideraciones de curvatura y acoples de los ductos, luego tenemos:

$$A = \left(\frac{PI}{4}\right) \left(\frac{D}{12}\right)^2 \text{ pies}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$H_v = \left(\frac{V}{4009}\right)^2 \text{ pulg H}_2\text{O}$$

$$H_s = [(H_s') \times \left(\frac{L+L_e}{100}\right) \times FC] \text{ pulg H}_2\text{O}$$

**Donde:**

V = velocidad

Q= caudal

A= área

D = diámetro

L = longitud total del tramo

Le = longitud equivalente del tramo

Hs' = presión estática según tabla / 100 pies de longitud de ducto.

Fc = factor de corrección para el tipo de ducto:

Ductos flexibles: 1.5

Ductos metálicos: 1.0

$$Hs' = \left( \frac{K' \times P' \times (L' + Le) \times V^2}{5.2 \times A'} \right) \text{ pulg H}_2\text{O}$$

**Donde:**

Hs' = presión estática de la labor ciega

Luego:

$$H_t = H_v + H_s' + H_s'' \text{ pulg H}_2\text{O}$$

## 2.1.16 Ductos

### a) Diámetro del ducto

El diámetro se calcula de acuerdo a la sección de la labor del tipo de equipos que se desplaza por ella y del caudal del aire que se requiere introducir o extraer al lugar de trabajo, para lo cual, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{(4 Q t)}{\pi \times V_s}} \text{ pulg}$$

**Donde:**

D = diámetro

Vs = velocidad del aire en el ducto

### **2.1.17 Tipos de ductos o mangas de ventilación**

En minería se usan generalmente tres tipos de ductos: rígidos, flexibles sin refuerzo y flexibles reforzados con alambres; los rígidos son usualmente contruidos de metal pudiendo ser también de fibra de vidrio, generalmente son de tres metros de longitud y diámetros desde 18 pulgadas hasta 48 pulgadas.

La ventaja de los ductos rígidos es su buena característica resistente, su adaptabilidad para métodos impelentes y aspirantes.

Las desventajas son las dificultades de transporte, almacenamiento y maniobrabilidad.

Los flexibles sin refuerzos son hechos de lona en longitudes de 15m y 30m, cuando se instala en la corona de las labores en línea recta; las características de resistencias son medias; su poco peso y su maniobrabilidad dan un costo de almacenamiento e instalación económicos (bajos). Siendo excelentes para instalaciones en línea recta.

Los flexibles con refuerzo son hechos de lona con refuerzo de alambre en especial. Pueden ser utilizados para ventilación aspirante o impelente. No siendo recomendable para trabajos mayores de 90 metros, es excelente para trabajos en labores con ángulos en líneas de ductos impelentes.

### **2.1.18 Ventiladores para minas subterráneas**

#### **a) Selección de ventiladores**

En el estudio de la ventilación se hace la selección del equipo más adecuado para satisfacer las necesidades de caudal y presión de aire en interior de mina.

Para la selección de ventiladores se debe tener en consideración lo siguiente:

- 1) La demanda de aire y su complemento con la ventilación natural, si existiera; realizando un control permanente del sistema y evaluando los cambios durante las diferentes estaciones del año.
- 2) Es posible que existiera más de un ventilador capaz de satisfacer la demanda de aire. Al seleccionar el más adecuado se usan las curvas características, también realizando una comparación de la potencia del ventilador para impulsar cierto caudal a través del sistema.
- 3) Al incrementarse el caudal del aire que es forzado a través de un conducto, la resistencia al paso del aire por efecto de la fricción de las paredes también aumenta y la única fuente de energía disponible para vencer esta resistencia es la denominada presión estática del ventilador.
- 4) La presión estática permite vencer la resistencia del sistema, el ventilador debe ser capaz de desplazar al aire en movimiento, logrando la presión de velocidad del ventilador.
- 5) La presión estática más la presión de velocidad resulta la resistencia total del sistema.
- 6) Si es necesario incrementar el caudal del aire, se puede conectar dos o más ventiladores en serie. Para instalaciones de este tipo es recomendable que los ventiladores tengan curvas características similares o iguales para asegurar un funcionamiento estable del sistema de ventilación.
- 7) Otra forma de incrementar el volumen de aire es conectando los ventiladores en paralelo, para que ambos tomen aire del mismo punto y lo descarguen al mismo ducto. Ambos ventiladores están aplicando la misma presión y el caudal que impulsan será la suma de los caudales de cada uno para dicha presión. Se recomienda que los ventiladores tengan curvas características similares.

Los ventiladores se clasifican en: ventiladores centrífugos y ventiladores axiales.

## **b) Clasificación de ventiladores**

### **b.1 Ventiladores centrífugos**

Consta de una rueda de álabes que gira alrededor de un eje, por acción de un rotor el aire del canal de aspiración gira a 90 grados y rota en el sentido de la revolución de la rueda; todos ellos ubicados dentro de una caja espiral o carcasa.

El aire sale por el difusor (que reduce la alta velocidad del aire saliente disminuyendo las pérdidas de presión por choque).

Cada ventilador puede trabajar como aspirante o impelente, con una o más entradas de aire.

Los ventiladores centrífugos pueden trabajar con 3 tipos de álabes (paletas perfiladas):

- Curvas hacia adelante
- Radiales
- Curvas hacia atrás

Existen álabes de doble curvatura para grandes potencias (sobre 100 HP).

A velocidad y RPM iguales, las ruedas con álabes curvados hacia adelante, producen mayor presión del flujo de aire.

Las ruedas con álabes curvados hacia atrás son de mayor rendimiento y por ello se usan mayormente en minas "estrechas".

Las paletas curvadas hacia adelante exigen una conducción cuidadosa del aire que sale a causa de la gran velocidad.



Las paletas mediales, tienen la ventaja de no ser inferidas por el sentido de la rotación.

## **b.2 Ventiladores axiales**

Tienen forma de tubo cilíndrico (carcasa) con un eje en el centro (rueda) donde van montados hélices o álabes; también cuentan con una corona directriz, conductos y difusor.

Otra forma, es mediante la conexión en serie de dos impulsores diseñados de tal manera que impriman al aire una rotación en direcciones contrarias.

Cuenta con coronas enderezadoras del flujo helicoidal, por lo que el aire sale en sentido del eje de rotación.

Las paletas, hélices o aletas en muchos casos son orientadas para cubrir diferentes requerimientos de volumen y presión con un mismo modelo.



**Figura 1. Fotografía del ventilador axial**

**Fuente: imagen propia**



**Figura 2. Fotografía del ventilador axial**

**Fuente: imagen propia**

Las pérdidas en ventiladores axiales se producen:

- 1) En la rueda por resistencia de las paletas y en el espacio anular
- 2) A la salida de la rueda por desviación
- 3) En el difusor por transformación de la energía
- 4) Por pérdidas mecánicas

La regulación puede realizarse mediante:

- Rotación de las paletas de la rueda
- Rotación de las paletas de la corona directriz
- Cambio de RPM
- Cambio de número de paletas de la rueda
- Cambio del número de ruedas

## **C) Tipos de ventiladores**

Los ventiladores pueden trabajar como aspirantes o como impelentes; por su utilización, los ventiladores se dividen en:

### **C.1 Ventiladores principales**

Son aquellos que introducen o extraen el aire que circula por el interior de la misma; siendo de gran capacidad, potencia y trabajan las 24 horas. Se encuentran instalados en los conductos principales y son accionados por corriente eléctrica.

Por lo menos deben tener dos fuentes independientes de fuerza que en lo posible llegarán por accesos diferentes, están provistos de dispositivos que permitan invertir la corriente de aire y provistos de dispositivos automáticos de alarma para el caso de disminución de velocidad o paradas.

Al impeler, crean una sobrepresión en la entrada; la presión absoluta es cero en la boca de entrada y máximo en la boca de salida.

Son instalados en superficie o en interior de mina. Al estar ubicado en superficie, el control es mejor, es de fácil acceso para su mantenimiento y reparación, se evita la recirculación en el sistema y se expone a menos daño.

### **C.2 Ventiladores secundarios**

Son aquellos que refuerzan el trabajo de los ventiladores principales haciendo circular el íntegro del aire en el circuito. Son ventiladores de capacidad y potencia media, trabajan en forma permanente, instalados sobre una plataforma o colgados en el techo y con ductos acoplados.

Estos ventiladores suplen la presión del sistema principal, venciendo la resistencia de algunos ramales críticos; es

aspirante/impelente. Deben contar con dispositivos que eviten la recirculación.

### **C.3 Ventiladores auxiliares**

Son aquellos que toman el aire de la red principal de ventilación introduciendo a las labores que cuentan con una sola vía de acceso y tengan una longitud mayor de 60 metros, finalmente retornándolo al circuito.

Son de capacidad y diámetro pequeño, siendo de instalación sencilla, accionados por aire comprimido o electricidad, requieren el uso de conductos de lona enjebada.

Se puede usar con este fin cortinas de lona/fajas usadas, líneas de aire comprimido, inyectoras, tuberías o canales de ventilación, galerías paralelas (una sirve de entrada del aire fresco y la otra de salida del aire servido).

### **D) Leyes y reglas de los ventiladores**

Los ventiladores se rigen por leyes que relacionan: volumen, presión, potencia y eficiencia con los cambios de los siguientes factores:

- La velocidad del ventilador (RPM)
- El tamaño del ventilador (diámetro)
- Densidad del aire

#### **a) Primera ley**

Si cambiamos la velocidad del ventilador y permanece constante su tamaño y la densidad del aire:

1. Los volúmenes del aire son directamente proporcionales a las velocidades.

$$Q_1/Q_2 = \frac{RPM_1}{RPM_2}$$

2. Las presiones (H) son directamente proporcionales al cuadrado de las velocidades

$$Q_1/Q_2 = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

3. Las potencias (HP) son proporcionales al cubo de las velocidades

$$BHP_1/BHP_2 = \frac{V_1^3}{V_2^3}$$

4. Las eficiencias mecánicas (n) son independientes de las velocidades

$$n_1 = n_2$$

#### **b) Segunda ley**

Si cambiamos el tamaño del ventilador (diámetro D) y permanece constante la velocidad y la densidad del aire:

1. Los volúmenes (Q) de aire son proporcionales al cuadrado de sus diámetros

$$Q_1/Q_2 = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

2. Las presiones son independientes de los diámetros

$$H_1 = H_2$$

3. Las potencias son proporcionales al cuadrado de sus diámetros

$$BHP_1/BHP_2 = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

4. Las eficiencias son independientes de los diámetros

$$n_1 = n_2$$

### c) Tercera ley

Si cambiamos la densidad del aire, y permanecen constantes las velocidades y los diámetros.

1. Los volúmenes de aire son independientes de las densidades

$$Q_1 = Q_2$$

2. Las presiones son directamente proporcionales a las densidades

$$H_1/H_2 = \frac{D_1}{D_2}$$

3. Las potencias son directamente proporcionales a las densidades

$$BHP_1/BHP_2 = \frac{D_1}{D_2}$$

4. Las eficiencias son independientes de las densidades

$$n_1 = n_2$$

### 2.1.19 Reglas de los Ventiladores

Las reglas más importantes son:

1. La presión es directamente proporcional al perímetro
2. La presión requerida es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad y volumen
3. La presión requerida es directamente proporcional a la longitud
4. La potencia requerida es directamente proporcional al cubo de la velocidad o volumen

## 2.1.20 Selección de un ventilador

Para seleccionar un ventilador y sus mangas de ventilación que se ajusten a los requerimientos reales, es necesario efectuar los siguientes cálculos:

### a. Requerimientos de aire fresco en la labor

Se considera el personal, equipos diésel autorizados y de ser necesario dilución de contaminantes.

### b. Selección del ventilador

La relación de área ducto – área labor, empíricamente oscila en 1:20.

### c. Presión de fricción

La presión requerida para circular un determinado volumen de aire a través de una manga de ventilación, basado en un coeficiente de fricción  $K = 20 \times 10^{-10}$ .

Se resuelve utilizando el grafico de presión para mangas de ventilación.

### d. Velocidad del flujo de aire

Es la velocidad requerida para hacer circular un determinado volumen de aire a través de la manga.

### e. Potencia efectiva

La potencia efectiva requerida por el ventilador se calcula en base a la fórmula.

$$\text{BHP} = (\text{HL} \times \text{Q}) / (6350 \times e)$$

Donde:

**HL** = caída de presión total del flujo de aire; pulgadas de agua

**Q** = caudal del aire circulante;  $\text{pie}^3/\text{min}$

**6350** = constante

**e** = Eficiencia mecánica del ventilador; oscila entre 0.7 a 0.95 normalmente se considera 0.9.

Esta potencia efectiva, calculada para la cota de trabajo, deberá ser corregida por el ventilador. Para el caso de que se incrementara 10% por cada 1000 metros de altura con respecto al nivel del mar.

#### **f. Consumo de energía eléctrica**

Conocer el consumo de energía eléctrica de los ventiladores es muy importante. Se calcula aplicando la siguiente fórmula eléctrica.

**E** = potencia por tiempo

Donde:

**E** = consumo de energía eléctrica por hora; KWH

**Potencia** = fuerza eléctrica absorbida por el motor;

$$P = ((\sqrt{3} * V * I * \text{Cos}\phi * e)/1000))$$

**V** = voltaje; voltios, que viene grabado en la placa del motor

**I** = amperaje; amperios, que viene grabado en la placa del motor

**Cos  $\phi$**  = parámetro eléctrico; 0.87

**e** = eficiencia del motor; normalmente es 0.98, pudiendo ser menor a más tiempo de trabajo del ventilador.

#### **2.1.21 Ventiladores en la mina El Porvenir Milpo**

El área de ventilación tiene a su cargo y administración de todos los ventiladores axiales y centrífugos, en forma permanente se realiza el mantenimiento de dichos ventiladores para prevenir su disposición.



## **2.2 FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS**

### **2.2.1 Hipótesis General**

El diseño del Sistema de Ventilación a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo influirá positivamente en la evacuación de gases.

### **2.2.2 Hipótesis Específicas**

La realización del levantamiento de ventilación en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto en la Unidad Minera El Porvenir – Milpo es factible y viable.

El cálculo del caudal de aire necesario a emplearse en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir – Milpo influye en el diseño de ventilación.

La determinación del costo de ventilación en el Nivel 4050 Veta Don Ernesto en la Unidad Minera El Porvenir - Milpo es factible y viable.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 METODOLOGÍA**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

Pertenece al tipo aplicativo

#### **3.1.2 Nivel de investigación**

El nivel de investigación es descriptivo – correlacional

#### **3.1.3 Diseño de investigación**

El diseño de investigación es cuasi experimental para determinar la efectividad de la ventilación

#### **3.1.4 Población y muestra**

##### **3.1.4.1 Población**

La población está constituida por todo el nivel 4050 – Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir.

##### **3.1.4.2 Muestra**

La muestra está constituida por todas las labores del nivel 4050 – Veta Don Ernesto Unidad Minera El Porvenir.

### **3.1.5 Identificación de variables**

#### **3.1.5.1 Variable independiente**

Diseño de ventilación

#### **3.1.5.2 Variable dependiente**

Nivel 4050 Veta Don Ernesto

### **3.1.6 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.1.6.1 Técnicas**

La observación directa consiste en percibir las condiciones ambientales de la mina y el registro de datos en el campo.

#### **3.1.6.2 Instrumentos**

Los instrumentos utilizados fueron:

- Anemómetros de paletas Kestrel
- Distanciómetro
- Equipo de monitoreo de monóxido de carbono
- Detector de gases

### **3.1.7 Procedimiento de recolección de datos**

La información recolectada se procesa en la hoja de datos Excel obteniendo los promedios y finalmente se representa en cuadros y tablas.

## **CAPÍTULO IV**

### **GENERALIDADES**

#### **4.1 ASPECTOS GENERALES**

##### **4.1.1 Ubicación**

La compañía minera Milpo S.A. se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad de Cerro de Pasco. En el distrito de Yanacancha, departamento de Pasco, a una altura de 4,100 m s.n.m., en la cordillera central dentro del grupo de montañas que forman el nudo de Pasco a dos kilómetros al sur de Atacocha y 15 kilómetros al oeste de la ciudad de Cerro de Pasco.

Está ubicada en el flanco oriental del eje de la falla regional Milpo-Atacocha, con rumbo norte sur.

Sus coordenadas geográficas son:

10°35, latitud sur

70°12, longitud oeste

#### **4.1.2 Accesibilidad**

Es accesible mediante la carretera Lima - La Oroya, Cerro de Pasco, con el siguiente itinerario:

Lima –Oroya-Cerro de Pasco asfaltados 305 Km

Cerro de Pasco-Milpo afirmados 16 Km

#### **4.2 FISIOGRAFÍA**

El lugar presenta irregularidades, el campamento se ubica en un valle en forma de “U” “característico del relieve glaciar, cuyas laderas del valle están cubiertas en parte por sedimentos fluvio–glaciares; también hay zonas escarpadas, las que han sido erosionadas por el hielo y la meteorización dinámica.

El drenaje principal lo constituye el riachuelo de Milpo que discurre de Norte a Sur y se une al Río Huallaga en el lugar denominado San Miguel, el drenaje es controlado por los plegamientos y fallamientos de la zona.

#### **4.3 ASPECTO LEGAL**

En la región de Cerro de Pasco, en el año de 1936, Axel Nicander, Aquiles Venegas, Luis Cáceres y Ernesto Baertel decidieron crear la compañía Minera Cuyuma, en base al mineral del cobre encontrado en las alturas de Huariaca. Después de varios años de lucha, este esfuerzo empresarial fue abandonado, pero ellos lograron robustecer su amistad.

Trece años después, en base a algunas conexiones polimetálicas (plomo, zinc y plata) compradas a don Agustín Arias Carracedo, acompañados por Javier Montori y en asociación con Luis Picasso Perata y Eulogio Fernandini, quien delega en Agustín de Aliaga, decidieron construir la compañía Minera de Milpo S.A.

El nombre de la empresa procede de la formación del área mineralizada que es conocida como la falla de Milpo.

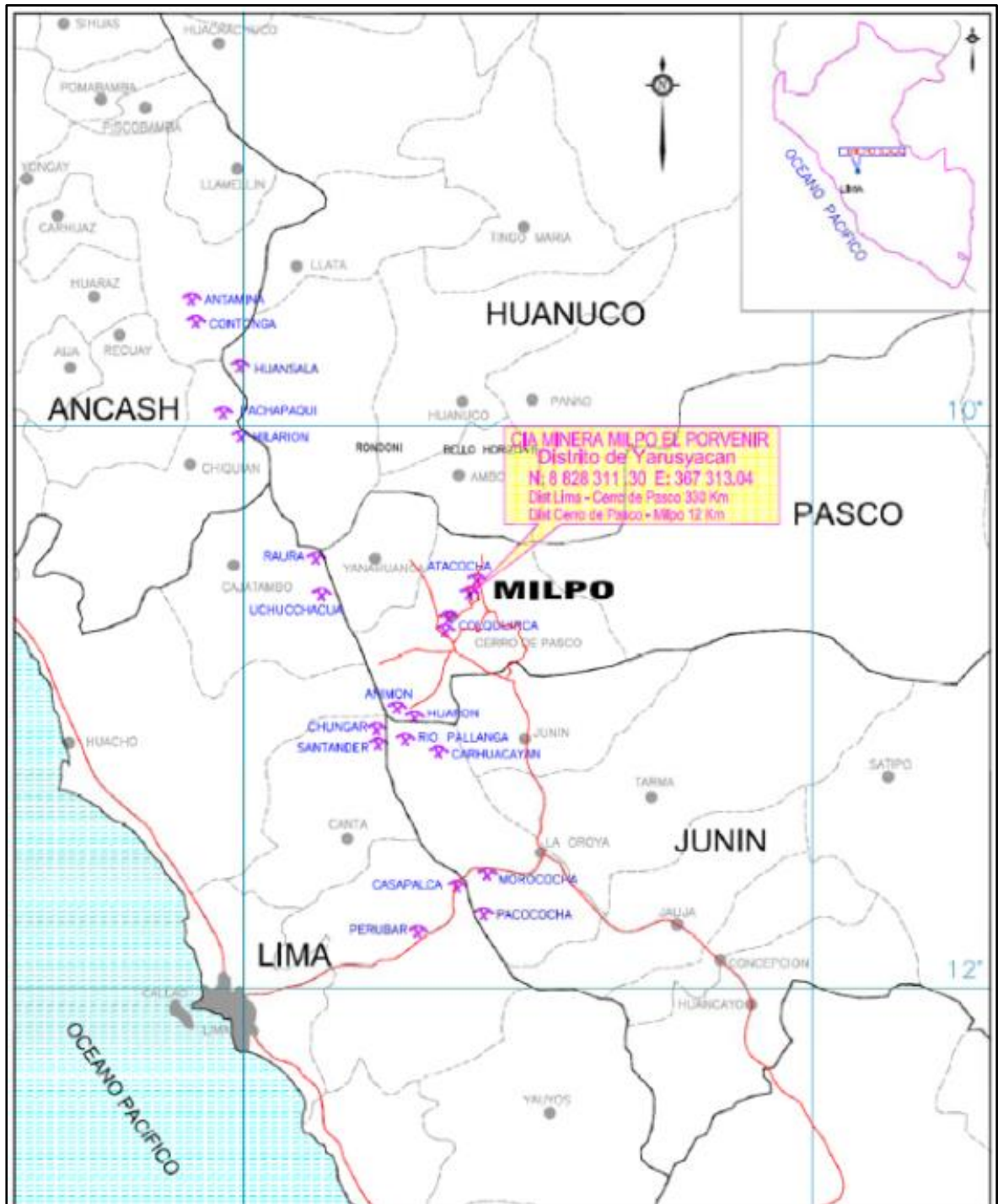


Figura 3. Ubicación y accesibilidad geográfica de la Compañía Minera Milpo El Porvenir

Fuente: Área de Geología de la Compañía Minera Milpo El Porvenir

## **4.4 RECURSO NATURALES**

### **a) Recursos hídricos**

Tenemos la quebrada de Pucayacu, vertiente del río Huallaga que es captada para efectos de la Planta Concentradora. Se dispone de varios manantiales para consumo humano. El drenaje de interior de mina va hacia el nivel inferior comunicándose con la superficie (nivel 0), el cual tiene un caudal de 2lt por segundo.

### **b) Recursos humanos**

La mina por su ubicación cerca de ciudades y poblaciones, no tiene problema respecto a mano de obra, se puede decir que son suficientes para su desarrollo.

## **4.5 HISTORIA**

Un 6 de abril de 1949, cinco amigos relacionados a la actividad minera y agropecuaria decidieron unir sus esfuerzos y capitales para formar la compañía Minera Milpo, en base a las concesiones denunciadas en el distrito de Yanacancha, departamento de Pasco, aportando también la experiencia adquirida por algunos de ellos en la antigua compañía Minera Cuyuma.

El desarrollo alcanzado en los últimos 50 años evidencia “la cultura de superación”; impulsada por sus gestores Ernesto Baertl S., Luis Cáceres F., Manuel Montori A., Aquiles Venegas y Amador Nycander, quienes son recordados hoy como “Las cinco barretas de Cuyuma”, sobre las cuales se basa la filosofía de trabajo de la empresa.

El ing. Ernesto Baertl S., actual presidente de Milpo, recuerda que el rasgo que unió a “Las cinco barretas de Cuyuma” es la confianza y la base de trabajo en equipo y el ejercicio de autonomía. “A través de ella puede elevarse la productividad en una organización y puede construirse un futuro promisorio”.

## **CAPÍTULO V**

### **GEOLOGÍA**

#### **5.1 GEOLOGÍA REGIONAL**

La estructura principal es un sinclinal asimétrico cuyo plano axial tiene rumbo N-S paralelo al plegamiento regional, que es desplazado por una falla de gran magnitud denominada falla Milpo–Atacocha que altera la secuencia estratigráfica de las formaciones Pucará Goyllarisquizga y Machay de edad Jurásica—Cretácica.

Este ensamble geológico es debido a procesos orgánicos y magmáticos, que ocasionaron en los sedimentos fuerzas compresionales de dirección E-W y originaron paralelamente el plegamiento andino el sinclinal de Milpo, existiendo varios periodos de fallamientos y fracturamiento e instrucciones hipabisales: stocks, diques, sills.

Estas instrucciones han dado origen a distintos tipos de depósitos de reemplazamiento metasomáticos a través de estructuras preexistentes.

- Cuerpos (ore body) de magnitud, forma y contorno horizontal irregular, con profundización de 620 hasta el nivel 450 y aun no conocido el fondo.

La mineralización constituida por galena blenda y sulfosales de Ag. de ocurrencia muy variable.



- Cuerpos ubicados en los contactos intrusivos–calizas o englobados en intrusivos. Cuerpos de brechas postminerales relacionados o no con intrusivos.

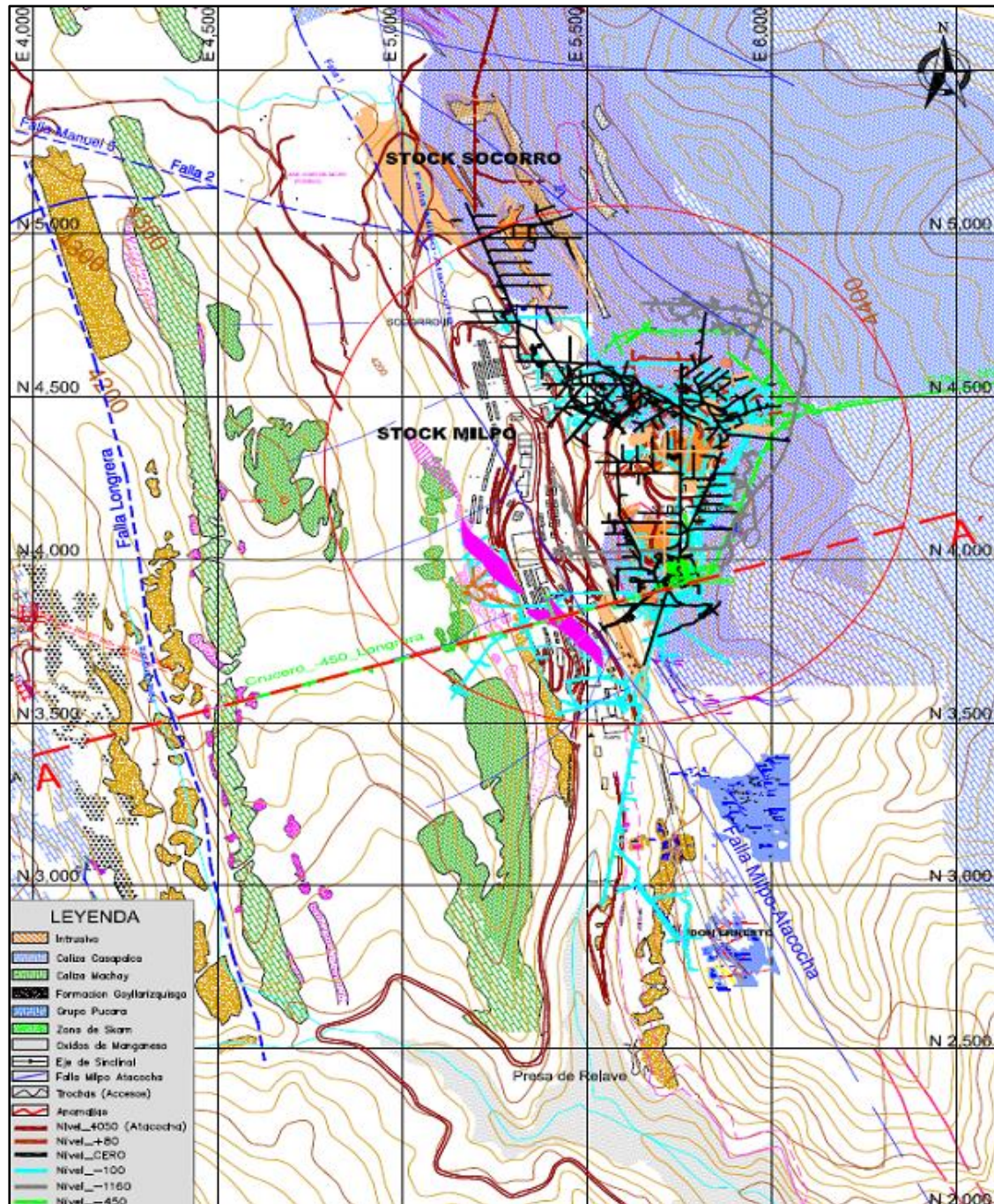


Figura 4. Ubicación geológica regional de la Compañía Minera Milpo El Porvenir

Fuente: Área de Geología de la Compañía Minera Milpo El Porvenir

## 5.2 ESTRATIGRAFÍA

La serie caliza de Milpo intercalada entre la formación Mitú Goyllarisquizga fue denominado como Pucará por Mc. Laughlin (1924) y Jenke (1951), incluyó dentro de ellas a las calizas Uliachin de triásico y a las calizas paria del Jurásico Negard (1968) subdividió la serie Pucará en tres pisos: Chambara, Aramachay y Condorsinga.

Según los trabajos de campo y recolección de fósiles, efectuados por el ing. Cánepa (Explomin) y comparados con la clasificación de Steinman, determinan la secuencia estratigráfica:

### a) Grupo Paria o Pucará

Está constituido por calizas de color gris oscuro a negro pardusco con intercalaciones de lutitas calcáreas, nódulos de Shert con rumbo N20°W y buzamiento vertical que se presenta en capas de 0.10 a 0,50 m de espesor con una potencia total de 2,00 m.

De acuerdo a la edad en este grupo se distinguen a su vez, tres subdivisiones: formación Chambara, Aramachay y formación Condorsinga, todos correspondientes a una fase de deposición estrictamente marina.

### b) Grupo Goyllarisquizga

Yace en discordancia aparente o dudosa sobre el grupo Pucará, debido a que la falla Milpo—Atacocha junta a estas formaciones una a lado de otra.

Tiene una litología muy variada representada por las siguientes rocas:

- Arenisca arcósica, de grano variable, de colores gris a pardo claro
- Cuarcitas impuras, de grano medio, de color gris claro
- Brechas de sílice y matriz de cuarzo - calcedonia
- Lutitas de color gris verdoso
- Lavas basálticas de textura amigdaloides de color gris a pardo verdoso

### **c) Formación Machay**

Yace en concordancia paralela sobre el grupo Goyllarisquizga, con rumbo y buzamiento similar a este grupo, está representada principalmente por calizas arenosas de colores gris y pardo claro a amarillento, en bancos de 0.10 a 0.40 m de espesor, y horizontes interestratificados de basalto de color marrón de textura amigdaloides, con una potencia de 100 m.

### **d) Rocas Intrusivas**

Estas rocas tienen una relevante importancia, tanto en la génesis del yacimiento como también en la localización, magnitud y mineralización de los cuerpos y vetas existentes.

En los contactos las calizas presentan un halo de alteración de silicatos de metamorfismo o skarn y mármol, estos halos son irregulares en extensión: de escasos centímetros a más de 100 m de ancho.

Concluyendo, en el yacimiento existen básicamente dos clases de cuerpos intrusivos diferentes.

### **e) Intrusivos dacíticos**







De composición "granodiorítica, equivalente a una dacita "en la clasificación de rocas volcánicas e hispabisaes.

Los "intrusivos dacíticos" están directa e indirectamente asociados con los cuerpos y vetas de mineralización económica del yacimiento.

### **f) Intrusivos andesíticos**

De composición "diorítica", equivalente a la andesita, como roca volcánica e hispabisaes.

**Cuadro 1. Columna estratigráfica de la región Milpo**

PERIODO	PISO	FORMACION		ROCAS	FOSILES
TERCIARIO		INTRUSIVOS		+++++	DACITA
				x v x v	ANDESITA
				+Δ Δ+	BRECHA INTRUSIVA
TECTOGENESIS ANDINA					
CRETACEO SUPERIOR	SENONIANO CENOMANIANO ALVIANO	Fm. MACHAY			BASALTO
CRETACEO INFERIOR	NEOCOMIANO APTIANO BARRENIANO	GRUPO GOYLLAR			CALIZA
					LAVAS BASALTICAS
					ARENISCAS
TECTOGENESIS NEVADIANA					
JURASICO INFERIOR LIASICO	LOTARINGIANO SINEMURIANO	GRUPO PUCARA	FAMILIA ARAMACHAY		CALIZA NEGRA A GRIS PARDAS
TRIASICO SUPERIOR	NORIANO CARNIANO		FORMACION CHAMBARA		CALIZA PARDAS CLARAS
					GRYPHAE PENTACRINUS TERRBRATULA ARUETITIS PECTEN
					OMPHALOPICHA PSEUDOCALTIS EUCYCLUS RHYNCHONELLA MIOPHORIA TUTCHERIA

Fuente: elaboración propia

### 5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL:

Las estructuras predominantes en el yacimiento de Milpo en el orden cronológico son:

- Es sinclinal Milpo—Atacocha
- La falla regional Milpo—Atacocha
- Fracturamiento

#### a) Sinclinal Milpo - Atacocha

Regionalmente, el distrito está ubicado en el lado oriental de un anticlinal asimétrico que se proyecta al E y W en una serie de sinclinal dómico asimétrico de Milpo cuyo eje se dirige hacia el W y delineando la imagen tectónica del plegamiento. Las calizas Pucará yacen verticalmente en el centro y a todo el largo del eje y la formación Goyllarisquiza gradualmente

buzando menos hacia los flancos, al W de Milpo dichas areniscas buzan  $50^{\circ}$  W, pero el S están curvadas hacia arriba de la posición vertical con los topes escurridos hacia el W.

Se han localizado en este mineral sinclinal, ejes de pliegues cruzados que tienen relación con la mineralización.

### **b) Falla Milpo - Atacocha**

Presenta un rumbo aproximado norte - sur, controla rocas de los grupos Pucará y Goyllarisquizga. Megard, F. (1968), consideró que esta falla pertenece a un sistema de fracturamiento que estuvo activo desde el triásico hasta el cretáceo superior. Durante la tectogénesis andina, estas fallas se activaron nuevamente debido al levantamiento vertical que pusieron a los grupos Pucará y Goyllarisquizga en el distrito de Milpo.

Esta estructura se relaciona con los yacimientos polimetálicos de Milpo y Atacocha, considerándose un probable movimiento sinestral.

### **c) Fracturamiento**

Junto a la falla Milpo–Atacocha se presentan varios sistemas de fracturas más jóvenes, relacionadas con las fuerzas compresionales E a W. Según el “elipsoide de formación” unas corresponderían a fracturas de tensión (rumbo E-W) y otras fracturas de reemplazamiento rumbos  $N65^{\circ}$  -  $70^{\circ}$  E y  $N50^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ W; por lo tanto, se pueden reconocer tres periodos de fracturamiento.

**1er. periodo o inicial**, relacionado con el plegamiento regional NS y con la falla Milpo Atacocha.

**2do. periodo**, que desarrolla fracturas de rumbo NE directamente relacionados con la etapa de emplazamiento de los stocks de origen de los diques mineralizados, fracturas en calizas (vetas 1703 -1705 -1708 -1709 - veta san Carlos, dique provenir), además de fracturas cortas de rumbo  $N70^{\circ}$  E y  $N80^{\circ}$  E relacionado con los cuerpos mineralizados.

**3er. periodo**, que desarrolla la fractura de rumbo N35°W y N62°W de pequeñas longitudes, también están relacionados con los cuerpos mineralizados.

## 5.4 GEOLOGÍA LOCAL

### 5.4.1 Descripción de labores

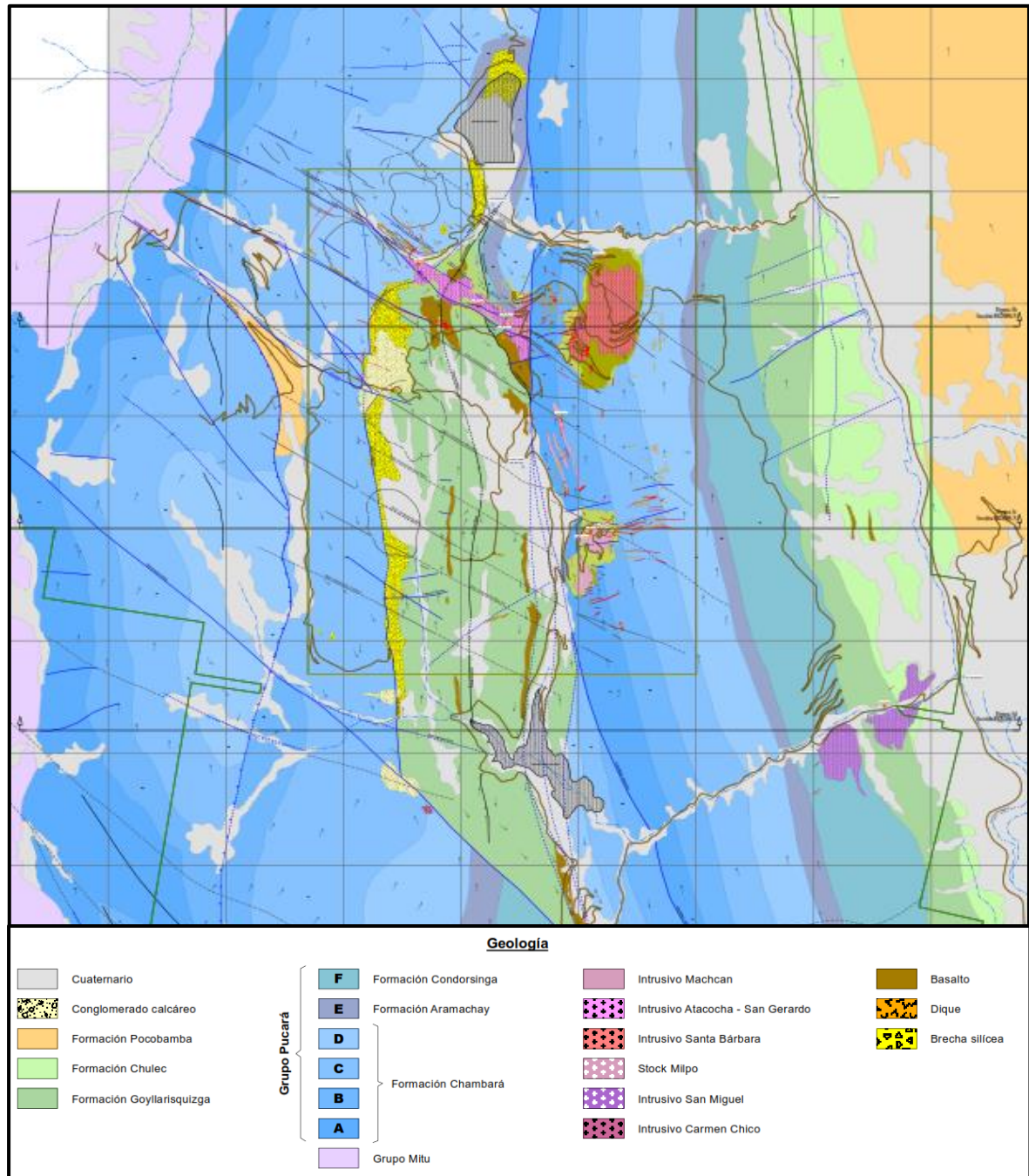
**Sección 1:** con ayuda del departamento de geología (taladros largos), cada 20 - 30m; se localizan los cuerpos mineralizados, luego se procede a los demás siguiendo cruceros de 4 por 3.5m de sección, de los cuales se preparan chimeneas de 2 - 3 compartimientos respectivamente. Las dimensiones de estas labores pueden variar de acuerdo al área de trabajo.

**Sección 2:** tenemos como acceso un pique principal, construido en estéril, consta de camino, izaje de personal y extracción de mineral desde el echadero principal para ser izado hasta el Nv. 180 y seguir por el *Ore Pass* principal del Nv.0 hasta la chancadora primaria.

En esta sección tenemos las galerías principales del Nv.-50-100; es decir, luego de construir el pique se construyó una galería principal de 4 por 3.5m de sección, se realizaron estas labores de tal forma que se tomó como base la galería principal del Nv.0, se les llevó con dirección paralela o casi paralelo, para luego tomando la secuencia geológica de mineralización existente o ya determinada en el Nv.0 se procedió a delimitar zonas de explosión en los niveles inferiores, también se valen de taladros largos para detectar mayor mineralización; para concluir, siguiendo el proceso ya descrito empezando la construcción del crucero.

**Sección *trackless*:** aquí tenemos la galería principal es el Nv.50, que va desde la superficie, es de 4 por 3.5m de sección, a partir de la galería principal se realizaron otras que van a delimitar la zona detectada (los taladros largos reportan la magnitud de este margen). Las galerías de reconocimiento se hacen en espiral y van hacia arriba como una pendiente máxima del 18% para poder hacer el paso del equipo pesado,

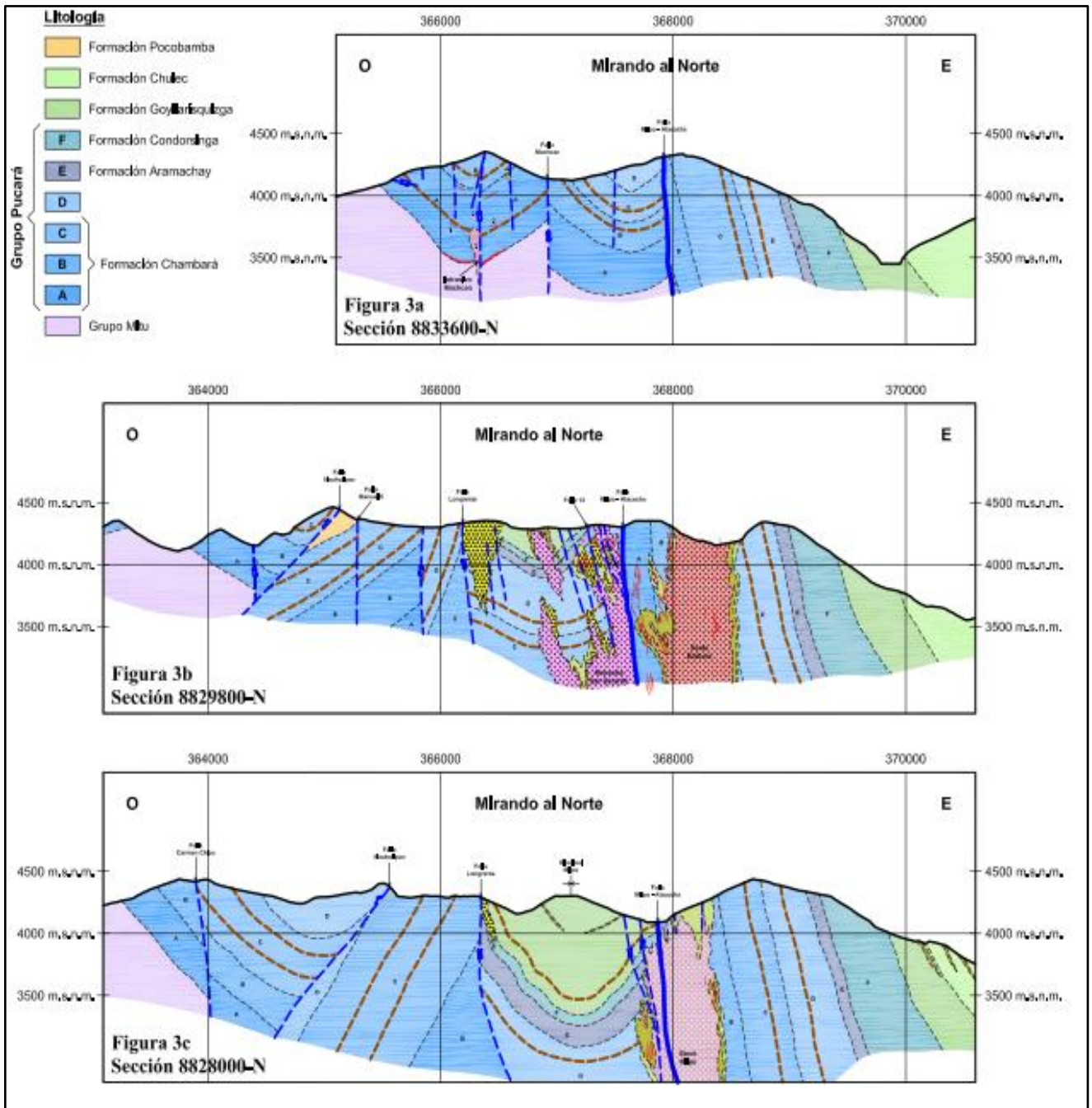
en la galería principal, tenemos chimeneas (*draw point*) por lo que se extrae el mineral de las labores adyacentes.



**Figura 5. Ubicación geológica local de la Compañía Minera Milpo El Porvenir**

**Fuente: Área de Geología de la Compañía Minera Milpo El Porvenir**

## Sección Transversal Estructural E- W



**Figura 6. Sección transversal estructural E-W**

Fuente: Área de Geología de la Compañía Minera Milpo El Porvenir



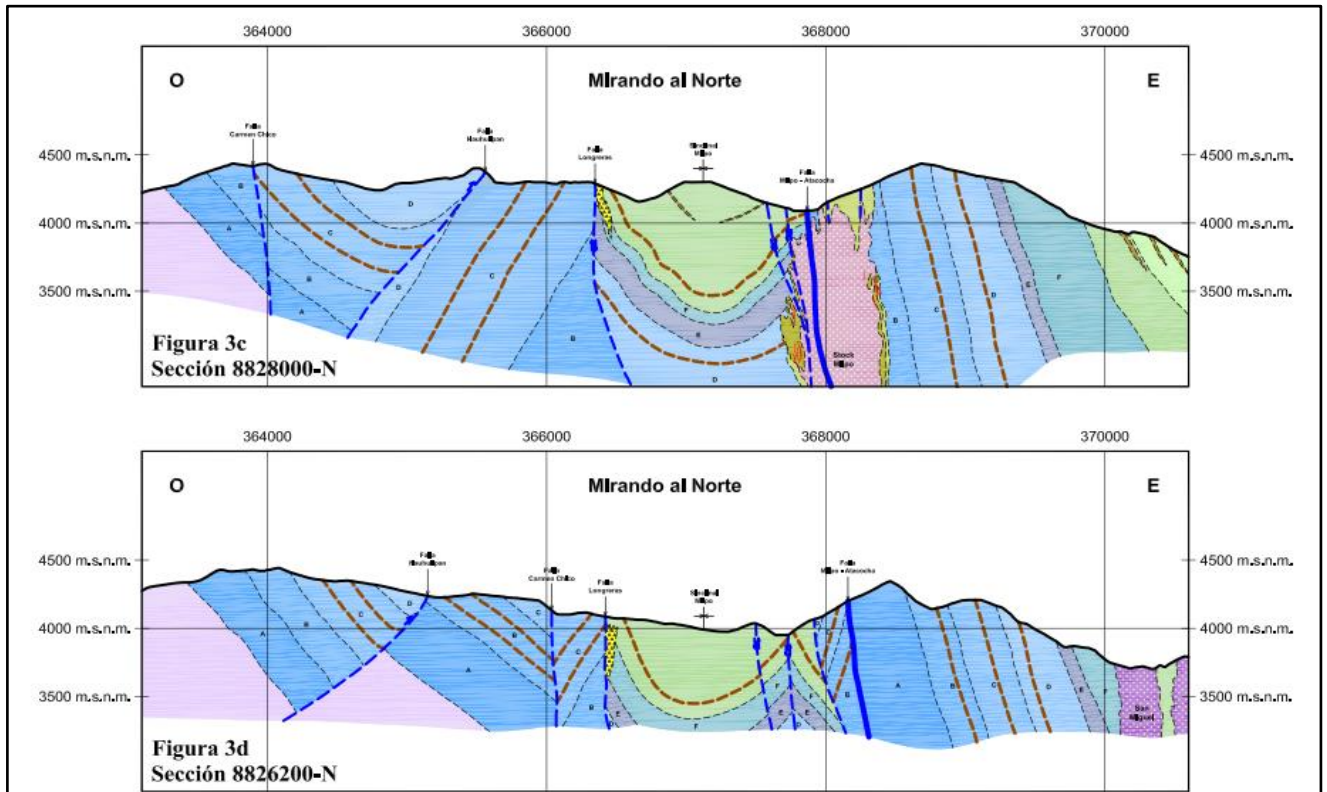


Figura 7. Sección transversal estructural E-W

Fuente: Área de Geología de la Compañía Minera Milpo El Porvenir

Legenda

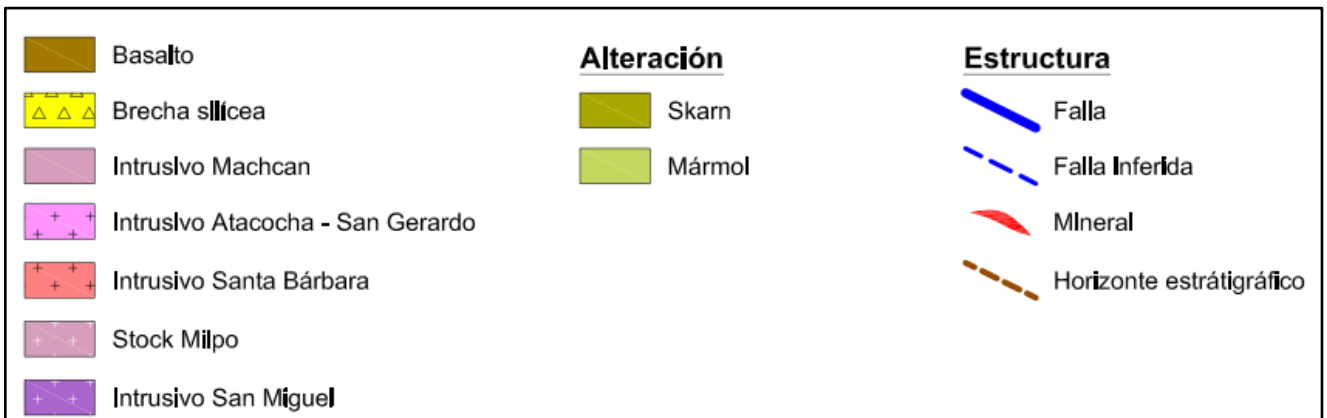


Figura 8. Legenda de la sección transversal estructural E-W

Fuente: Área de Geología de la Compañía Minera Milpo El Porvenir

Actualmente el principal proyecto del Porvenir es la profundización del pique desde el nivel - 850 al nivel - 1410, lo que confirmará cómo la mina más profunda de América del Sur pronto, viendo la necesidad en el

nivel-1960, se desarrolló la galería para delimitar los cuerpos mineralizados.

Todos los trabajos y cada uno de estos detalles se especificarán convenientemente en los capítulos siguientes detallando perforación, voladura, etc.

#### **5.4.2 Afloramiento**

Las labores de explotación comenzaron en la veta Porvenir y el tratamiento de mineral en Huaraucaca a 40 kilómetros de la zona mineralizada. El primer molino se instaló en 1951, la planta de “*skin and float*”, en 1953 y la puesta en marcha del segundo molino en 1955, alcanzando una capacidad productiva de 80 mil toneladas de mineral al año. En 1956 se construyó la central hidroeléctrica “La Candelaria”, la cual operó con una sola turbina hasta 1958.

#### **5.4.3 Cuerpos mineralizados**

Son depósitos de contornos irregulares de gran magnitud verticalmente alargadas a manera de tubos y de variada ocurrencia.

- a) Cuerpos ubicados en las aureolas del contacto con el intrusivo dacítico más favorable asociada y diseminada en el *skarn*. La intensidad está controlada por la extensión del modelo fracturado, con una aureola de caliza decolorada o mármol.
- b) Cuerpos emplazados en bloques erráticos de caliza englobados dentro de stock, que tiene áreas de 1,600 m<sup>2</sup> y profundizan algunos hasta el nivel 280. La veta V3 N°6 solo hasta el nivel – 50, con características similares a los anteriormente descritos.
- c) Todos estos tipos de cuerpos mineralizados ocurren mayormente relacionados a los intrusivos dacíticos, no existiendo evidencias de su ocurrencia en o cerca de los contactos con los intrusivos andesíticos.

### **a. Vetas**

Las principales estructuras de vetas en Milpo estrechamente relacionadas con los sistemas de fracturamiento muestran las características del elipsoide de deformación originarias por su fuerza compresional de dirección E. Las vetas en fractura de tensión tienen un rumbo N<sup>65°</sup> a 70°E y N50° a 60°W, todas buzando al NW.

Las vetas tienen además características peculiares que las diferencian:

- Las vetas relacionadas a diques emplazados en fracturas
- Vetas de intrusivo y caliza, que cruzan tanto a las calizas como al stock y se presentan hacia el lado sur de este
- Vetas en el grupo Goyllarisquizga, por lo menos se conocen siete vetas de rumbo N 40° E y N 70° E de buzamiento vertical, con 0.10 m a 1.00 m de ancho, ubicados en esta formación y al W de la falla Milpo - Atacocha. Son vetas con mineralización irregular de acuerdo al tipo de roca que cruzan favorable en arenisca y no favorable en lutitas.

### **b. Mantos**

Las soluciones mineralizadas de los basaltos de textura amigdaloides originan mantos con contenido de galena y esfalerita de baja ley.

## **5.5 GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **5.5.1 Mineralogía**

Los minerales que se encuentran presente en el área de estudio son principalmente los siguientes:

#### **a. Esfalerita**

Se encuentra mayormente compacta, granular y fina granular-fina, cristalizada y masiva; los cristales son de forma de tetraedros y cubos.

#### **b. Galena**

Se presenta mayormente bien cristalizada, principalmente en las zonas de mármol, en cristales cúbicos de clivaje perfecto, también compacta y masiva; presenta porcentajes altos de plata.

La galena se encuentra en buenas cantidades después de la esfalerita con la que está asociada, constituye el segundo mineral principal de mena después de la esfalerita.

#### **c. Pirita**

Se encuentra por lo general formando grandes masas, normalmente cristalizadas, casi siempre en cubos y piritoedros. Presenta maclamiento y las caras de los cristales tienen paralelas a las aristas de cristal; los cristales encontrados en Milpo llegan a tener hasta 5 centímetros de diámetro.

Comúnmente se encuentra en la roca intrusiva relleno de fracturas y como cristales de impregnación. También en estado masivo asociada a la esfalerita más que a la galena.

La pirita ocurre casi en todo yacimiento, pero en mayor cantidad en la aureola de contacto caliza - intrusivo (endoskarn).

#### **d. Calcita**

Se encuentra relleno de fracturas, asociada a minerales de mena en geodas y drusas, como especie de tapiz.

Se presenta en todas sus formas de cristalización: escalenoédrica. La mayoría de las veces está presente de modo compacto en cristales diminutos y en mayoría de los casos es de color blanco, amarillento a grisáceo por las impurezas, su brillo es vidrioso resinoso.

#### **e. Chalcopirita**

La chalcopirita ocurre en muy pequeña cantidad en forma de impregnaciones y venillas dentro del intrusivo, normalmente en el contacto caliza-intrusivo y a profundidad.

### **5.6 MORFOLOGÍA**

La mineralización de distrito de Milpo – El Porvenir está asociada a la zona de metamorfismo de contacto entre intrusivos hipabisales: stocks, sills, diques y las rocas sedimentarias de las formaciones Pucará y Goyllarisquizga que ocurren al E de la falla Milpo – Atacocha.

Dos stocks, uno ácido dacítico y otro básico andesítico, provenientes de la cámara magmática andina, marmolizaron a las calizas Pucará en el contacto, y el proceso metasomático originó skarn.

En los bordes de los contactos se originó el endoskarns granates andracíticos y diópsidos, los stocks arráticos de caliza engloban dentro del intrusivo, se metamorfizan también a diópsido andradita, wollastonita, vesuvianita.

Durante el enfriamiento se produjo el metamorfismo retrogrado, las soluciones forman exoskarn y los volátiles migran al interior del intrusivo incrementando la presión, que rompe expansivamente la costra sólida por el escape de volátiles, originando espacios vacíos que son ocupados por soluciones que depositan nuevos minerales: feldespatos potásico, esfalerita, chalcopirita, galena, pirita y sulfosales.

Las soluciones circularon a lo largo de los contactos formando aureolas y de las diversas vías relacionadas al fracturamiento, donde los minerales de las soluciones reemplazaron a las calizas en variadas intensidades, aparentemente los contactos son los intrusivos andesíticos que no fueron favorables para esta deposición.

En la superficie el reemplazamiento está limitado a vetas angostas e irregulares y a cuerpos de brechas de pequeña magnitud, que en profundidad forman depósitos bien mineralizados.

Existen zonas o intervalos a lo largo del contacto donde la caliza muestra escasa o ninguna alteración y otras donde el fracturamiento y alteración es intensa y aunque la mineralización no está íntegramente confirmada en las calizas alteradas, estas son las áreas más favorables y económicas.

La mineralización también ocurre en brechas calcáreas y en los intrusivos que contienen mineralización en vetillas.

## **5.7 ALTERACIONES**

Con respecto a las alteraciones debemos considerar tres tipos:

- Alteración hipógena de cajas
- Alteraciones supérgenas de cajas
- Alteraciones supérgenas de minerales

La alteración hipógena de cajas representada por la caolinización y piritización del tipo hidrotermal, la silicificación, cloritización, propilitización, calcitización y recristalización de las calizas (mármol). La alteración hipógena es previa a la metalización y es de alcance epitermal.

La alteración supérgena de cajas está representada por la limonitización de la piritización, caolinización de los volcánicos y rocas intrusivas y la disolución de las calizas.

La alteración supérgena de los minerales está constituida por la limonitización de la pirita, la esfalerita y la galena son reacios a la alteración supérgena, la misma que no es profunda.

Sin embargo, estos halos de alteración se distribuyen muy irregularmente y su extensión varía desde algunos centímetros a más de 100 m.

En el intrusivo, la alteración de la roca varía de muestra en muestra y consiste en la descomposición de los ferromagnesianos (biotita y hornblenda) en clorita, calcita, así como la de los feldespatos en clorita y caolín. En casi todos los casos el intrusivo se encuentra piritizado en los márgenes del cuerpo, y relacionados especialmente con la mineralización de plomo y zinc.

En la zona de contactos predomina fundamentalmente el skarn con granate, diópsido y epidota; se observa a veces una débil propilitización.

Es de suma importancia la localización y análisis de las alteraciones, pues nos estará indicando la probable proximidad de cuerpos mineralizados; por el contrario, una escasa mineralización o ausencia de la misma, nos estará manifestando una nula o pobre mineralización.

En las intrusivas (F. de las Casas y C. Cánepa) se observaron los siguientes minerales de alteración: clorita epidota.

Calcita como descomposición de los minerales ferromagnesianos, clorita sericita y caolín como descomposición de los feldespatos, así como también piritización.

En las calizas se aprecian aureolas de recristalización, marmolización, silicatización (skarn) y piritización relacionada con la mineralización de Pb y Zn.

Por lo tanto, la alteración del yacimiento de Milpo estaría representada por: marmolización silicatización, saucoceritización, sericitización, propilitización y argilitización.

## **5.8 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN**

Los controles de mineralización, a los cuales ha sido sometido nuestro yacimiento, son los siguientes:

### **5.8.1 Control litológico**

La sustitución está restringida únicamente a las calizas Pucará, reflejan ordinariamente un evidente control biológico, desde el punto de vista de la presencia del intrusivo a través de la falla de Atacocha entre dichas calizas Pucará al este y las areniscas Goyllarisquizga hacia el Oeste, notándose reemplazamiento y formación de cuerpos irregulares en las calizas y rellenos en fracturas de poca importancia en las areniscas con someras impregnaciones de sulfuros en areniscas gruesas.

El mármol blanco a gris blanquecino es más favorable a la formación de los cuerpos mineralizados de plomo y plata con poco porcentaje de zinc.

### **5.8.2 Control mineralógico**

La frecuente distribución de las concentraciones de pirita, zinc-pirita-zinc-plomo, plata, dentro de la asociación mineralógica de los contactos, es una evidencia concreta de la influencia de los controles mineralógicos durante el proceso de mineralización.

La distribución predominante de la pirita cerca del endoskarn (skarn desarrollado dentro de intrusivo) sugiere un interno reemplazamiento de los calco-silicatos por dicho mineral en la distribución horizontal, predominando así en profundidad.

La poca asociación del plomo y la plata en las masas de pirita es claramente definida en los cuerpos, la presencia de fluorita y venillas de galena es un control mineralógico importante para la determinación de cuerpos o lentes en la zona de mármol dentro de la aureola de contacto.

En la suma, la asociación de los cuerpos tiene una dirección horizontal indicada, partiendo de la alteración del intrusivo hacia la zona de skarn,



Terminando en el mármol y la caliza negra, en función de condiciones adecuadas, temperatura, presión y tiempo; la evolución de las asociaciones mineralógicas establece un estado ambiental de una aproximada constancia de azufre, una disminución de fierro y un crecimiento del contenido de zinc, plomo y plata hacia el mármol.

El mineral de cobre se encuentra en proporciones insignificantes, en los niveles es más notoria y siempre relacionada a las masas de pirita.

### **5.8.3 Control estructural**

Es uno de los principales controles geológicos de la mineralización, sin cuya presencia no habría sido posible el reemplazamiento de la magnitud del yacimiento de Milpo, ya que la distribución de los silicatos y sulfuros tiene una relación estrecha con las diversas estructuras.

Las siguientes evidencias sostienen dicha relación:

- Además de la sustitución por los silicatos de la parte afectada del calcáreo Pucará, existen halos de los mismos, en las paredes de las diversas fracturas y fallas localmente desarrolladas en las calizas.
- A pesar del reemplazamiento parcial del skarn por los sulfuros (pirita, esfalerita, galena), se observa en algunos sitios de la mina, un control por fallas y dique.
- En la parte oeste de la mina las fracturas y tensiones preliminares que siguen una orientación general Este-Oeste han sido rellenados por minerales de plata, plomo y zinc.

Un control interesante se considera la brecha producida por minerales tectónicos, principalmente en las calizas al norte de los cuerpos veta 3 y éxito, zona denominada Carmen Norte.

#### **5.8.4 Control por contacto**

Es el principal control de la mineralización del Milpo, es el control por contacto entre el intrusivo pacífico Milpo y las calizas Pucará.

Las soluciones hidrotermales portadoras de los sulfuros metálicos, aprovechan el contacto y el fracturamiento existente como zonas de debilidad para circular y depositar su contenido metálico en un proceso de solución y deposición esencialmente simultáneo. De esta forma encontramos mineral como lentes de reemplazamiento en la zona de contacto, principalmente en el mármol y el skarn, también como filones de pequeña corrida que cruzan el contacto a ambos lados y a lo largo de él.

En resumen, la mineralización que se encuentra en los contactos siempre está relacionada con el fracturamiento.

#### **5.9 PARAGÉNESIS**

Cuando se hace observaciones del mineral, in situ, se nota que las masas de pirita están cortadas por pequeñas fracturas rellenas de esfalerita, galena y calcita en forma de venillas y vetillas.

En muestras de mano observamos también que la galena muchas veces se presenta cortando a la esfalerita.

Por los estudios hechos anteriormente, en el microscopio, se ha determinado que primeramente se depositó la pirita en uno o más periodos reemplazados a los calcosilicatos ya formados, posteriormente se depositaron la esfalerita y la galena.

Es evidente que la calcita es el mineral posterior a todos los demás.

## 5.10 ZONAMIENTO MINERAL

General de la mina: distribución espacial de las diversas unidades mineralógicas en los cuerpos es el resultado de:

- La variación composicional original de los estratos de las calizas Pucará
- La paragénesis mineral
- La estructura del yacimiento (esencialmente contacto y fracturación)
- La susceptibilidad al reemplazamiento sucesivo de los mismos bajo condiciones favorables

### 5.10.1 Zonamiento horizontal

El zonamiento horizontal con respecto al contacto del intrusivo hacia la caliza está representado como sigue:

- **Zona pirita**

Desarrollada principalmente en la zona de contacto del intrusivo y endoskarn por el reemplazamiento esencialmente de la mineralización de calcosilicatos. Su distribución predominante en el intrusivo y endoskarn da la respuesta a la diferenciación de depositación por temperatura.

- **Zona pirita-esfalerita, esfalerita-galena**

Predomina fuertemente con respecto a la zona anterior, la presencia de la esfalerita sobre la pirita y la galena, es el resultado del reemplazamiento de los calcosilicatos y lagos de la pirita en la zona de exoskarn (zona calcárea).

- **Zona galena-esfalerita:**

La distribución de la galena principalmente es mayor que la esfalerita especialmente dentro de la zona del exoskarn, producto de reemplazamiento metasomático de los carbonatos.

### **5.10.2 Zonamiento vertical**

La distribución de las unidades mineralógicas de la parte superior (niveles altos) a la parte inferior (Nivel – 280), es algo variable, se observa en los niveles altos (+100, +170) cerca de superficie, mayor proporción de plomo con valores de plata en relación con el zinc. En profundidad se observa un mayor incremento de zinc en relación al plomo.

La pirita muestra una distribución casi uniforme, aunque se nota un incremento en profundidad con valores de cobre interesantes (nivel – 280).

## **5.11 TIPO DE YACIMIENTO**

El yacimiento de Milpo consiste principalmente de cuerpos de reemplazamiento metasomático o de skarn, ubicados en las aureolas de contacto del cuerpo intrusivo y las calizas del grupo Pucará, también presenta mineralización de relleno hidrotermal emplazada en fracturas preexistentes, produciendo a su vez brechas mineralizadas. En otras palabras, la mineralización es el resultado del contacto ocurrido entre intrusivos y caliza, posteriormente fracturados, ya se mencionó otro tipo de ocurrencia mineral de segundo orden. El área mineralizada tiene un km de dirección Nor-oeste, sur este, y un ancho de 500 m a una altura de 3900 a 4350 m s.n.m. El mineral es duro, vale decir que para usar este tipo de minado mecanizado se requiere de consistencia tanto en roca encajonante y mineral, en el caso de Milpo se tiene gran fracturamiento lo que hace del terreno incompetente e inapropiado

para trabajos de minado, que ya se ha superado con el uso de soporte más arriba detallado.

Pongo de manifiesto que personalmente considero, para lograr un mejor rendimiento y producción con la mecanización que se está implantando, el uso de maquinaria apropiada, tales como jumbos, montados sobre neumáticos que dan flexibilidad y que desarrollan las galerías con gran eficiencia, motoniveladoras, etc. para así lograr mucho mejor y mayor eficiencia en el minado.

## **5.12 RESERVAS MINERALES**

Otras de las permanentes labores que desarrolla Milpo es la cubicación de nuevas reservas. Actualmente el programa de perforación diamantina se centraliza en la búsqueda de cuerpos mineralizados, en el nivel- 770 y la zona denominada Porvenir, en las que se han encontrado importantes reservas, las labores de exploración incluyen a las minas de Chuquitambo y San Miguel, donde la empresa aplica modernas tecnologías para recuperar el mineral que contribuye a incrementar las reservas existentes.

Milpo explora la zona de Ambo, donde los geólogos están abocados a la definición de un yacimiento tipo skarn, con contenidos de cobre, zinc y plomo. A la fecha, han realizado más de 5 mil metros de talados.

Cuadro 2. Mineral cubicado y explotado



## MINERAL CUBICADO Y EXPLOTADO

AÑOS	MINERAL CUBICADO				MINERAL EXPLOTADO			
	TMS.	Ag.	Pb.	Zn.	TMS.	Ag.	Pb.	Zn.
1980	4,775,264.00	4.9	4.2	6.8	446,801.00	4.2	3.0	6.5
1981	484,181.00	4.5	3.8	6.4	470,847.00	3.9	2.6	5.7
1982	4,678,256.00	4.6	3.9	6.1	522,876.00	4.2	2.9	5.6
1983	4,597,034.00	4.3	3.8	6.0	633,861.00	4.6	3.2	5.6
1984	4,375,052.00	4.4	3.9	6.2	574,354.00	4.5	3.2	6.0
1985	4,862,364.00	4.3	3.8	5.9	660,058.00	4.0	3.3	6.2
1986	4,580,404.00	4.5	3.9	5.6	640,132.00	4.8	3.4	5.7
1987	4,550,732.00	4.8	4.1	5.6	597,605.00	4.5	3.2	5.0
1988	4,440,868.00	4.9	3.9	5.4	472,437.00	4.4	3.1	4.9
1989	5,216,564.00	4.8	3.9	5.3	679,644.00	4.5	3.6	4.5
1990	5,109,203.00	4.7	3.7	5.5	763,860.00	4.5	3.4	5.3
1991	5,536,645.00	4.8	3.8	5.7	788,234.00	4.1	2.8	5.5
1992	5,320,447.00	4.7	3.7	5.6	747,456.00	3.8	2.8	5.3
1993	5,831,054.00	4.8	3.6	5.1	776,050.00	4.9	3.2	5.3
1994	5,540,460.00	4.9	3.4	5.4	781,893.00	3.9	3.0	5.7
1995	5,541,642.00	4.9	3.4	5.3	784,049.00	4.3	3.5	5.7
1996	5,548,672.00	4.8	3.2	5.7	874,889.00	3.8	2.6	6.1
1997	6,455,929.00	4.4	3.8	6.1	968,023.00	3.7	2.4	6.7
1998	6,608,137.00	4.1	2.7	6.6	970,500.00	3.9	2.8	6.5
1999	6,740,200.00	4.6	2.9	6.9	989,302.00	3.6	2.6	6.8
2000	6,760,320.00	4.2	2.7	6.5	990,204.00	3.7	2.5	6.6
2001	9,841,204.00	4.7	2.8	6.4	998,300.00	3.5	2.3	6.7
2002	10,333,264.20	4.5	3.0	6.2	1,048,215.00	3.9	2.9	6.5
2003	10,849,927.41	4.6	2.9	5.9	1,100,625.75	3.8	3.1	6.4
2004	11,392,423.78	4.4	3.1	6.1	1,155,657.04	4.1	3.2	6.5
2005	11,962,044.97	4.5	3.2	6.3	1,213,439.89	4.2	3.0	6.4
2006	12,560,147.22	4.8	3.0	6.0	1,274,111.88	3.9	3.2	6.6
2007	13,188,154.58	4.5	3.3	5.9	1,337,817.48	4.5	3.3	6.3
2008	13,847,562.31	4.3	3.4	6.2	1,404,708.35	4.0	2.9	6.5
2009	14,539,940.42	4.6	3.2	6.1	1,474,943.77	3.9	3.2	6.4
2010	15,266,937.44	4.9	2.9	6.3	1,548,690.96	4.4	3.4	6.5
2011	16,030,284.32	4.7	3.5	6.0	1,626,125.51	4.3	3.2	6.3
2012	16,831,798.53	4.7	3.4	5.9	1,707,431.78	4.5	3.0	6.2
2013	17,673,388.46	4.6	3.1	6.4	1,792,803.37	3.9	3.1	6.5
2014	18,557,057.88	4.5	3.2	6.3	1,882,443.54	4.1	3.1	6.5
2015	19,484,910.78	4.8	3.4	6.2	1,976,565.72	4.3	3.2	6.4

Fuente: elaboración propia

## **CAPÍTULO VI**

### **LEVANTAMIENTO DE VENTILACIÓN**

#### **6.1 Descripción general de la ventilación en la mina Milpo El Porvenir Nivel 4050 – Veta Don Ernesto**

##### **Antes de realizar el proyecto**

La Mina Milpo El Porvenir Nivel 4050 – Veta Don Ernesto tenía dos ventiladores de 30000 CFM uno ubicado en la RP 930 N y el otro en la RP 955 E.

Al realizar el levantamiento de ventilación el flujo de aire que generaba el ventilador ubicado en la RA 930 N no funcionaba según la potencia que tenía y el otro ventilador ubicado en la RA 955 E no abastecía de suficiente aire al TJ 096NW, RA 086, TJ 590 N y TJ 590 S, lo cual retrasaba el ciclo de minado a realizar.

##### **Luego de realizar el proyecto**

Para poder tener un buen flujo de ventilación primero se realizó la comunicación a la bocamina del NV 4050, luego se instaló una ventiladora de 30000 CFM en el CX 886 W inhalando aire de la bocamina. Finalmente se

instaló un ventilador de 60000 CFM en la CH 930 con dirección de aire el TJ 096NW, RA 086, TJ 590 N y TJ 590 S. generando un buen flujo de aire.

## 6.2 Ventilación principal

El aire fresco y limpio ingresa por la bocamina principal del NV 4050 – CX 983 W con un ventilador de 30000 CFM y el otro ventilador de 60000 CFM ubicado en la CH 930, recorriendo todas las labores principales.

## 6.3 Cálculo de las áreas de cada estación

Para calcular el área se sacó el ancho y la altura en las estaciones de las siguientes labores utilizando el distanciómetro

La fórmula que se aplicó fue la siguiente:

$$A = \left(\frac{axh}{12}\right) \times (\pi + 8)$$

**Donde:**

**A** = área (m<sup>2</sup>)

**a** = ancho de la labor (m)

**h** = altura de la labor (m)



**Cuadro 3. Cálculo de las áreas de cada estación**

Estacion N°	Ubicación	Cota (m)	Ancho(m)	Alto (m)	Área (m2)
E1	Bocamina 886 W	4044	4.53	4.12	17.33
E2	CX 886 E	4043	4.52	4.21	17.67
E3	CX 960 N	4043	4.51	4.22	17.67
E4	RP 972 E	4045	4.51	4.21	17.63
E5	RP 930 N	4042	4.50	4.11	17.17
E6	RP 930 N	4041	5.10	4.20	19.89
E7	RP 955 E	4044	4.12	4.13	15.80
E8	RP 955 E	4045	4.20	4.10	15.99
E9	RP 955 E	4046	4.13	4.20	16.11
E10	TJ 590	4047	4.20	4.20	16.38
E11	TJ 590 N	4050	4.32	4.52	18.13
E12	TJ 590 N	4050	4.70	4.40	19.20
E13	TJ 590 S	4050	4.72	4.42	19.37
E14	TJ 590 S	4050	4.50	4.52	18.89
E15	RP 086 N	4051	4.10	4.00	15.23
E16	RP 096 NW	4050	4.00	4.12	15.30
E17	RP 086 N	4052	4.10	4.10	15.61
E18	RP 086 N	4053	4.00	4.10	15.23
E19	RP 086 N	4048	4.20	4.00	15.60
E20	Bocamina	4020	4.70	4.60	20.07
E21	RP Don Ernesto	4019	4.10	4.00	15.23
E22	RP Don Ernesto	4021	4.00	4.10	15.23
E23	RP Don Ernesto	4025	4.10	4.10	15.61
E24	RP Don Ernesto	4028	4.12	4.00	15.30
E25	RP Don Ernesto	4032	4.21	4.13	16.14
E26	RP Don Ernesto	4040	4.10	4.00	15.23
E27	Chimenea 01	4100	ϕ	2.50	4.91
<b>Promedio</b>			4.32	4.12	16.37

Fuente: elaboración propia

#### 6.4 Cálculo de perímetro

Para calcular el área se sacó el ancho y la altura en las estaciones de las siguientes labores.

La fórmula que se aplicó fue la siguiente:

$$P = \sqrt{A} \times 4$$

**Donde:**

**P** = perímetro (m)

**A** = área de la sección (m<sup>2</sup>)

**Cuadro 4. Cálculo de perímetro**

Estacion N°	Ubicación	Cota (m)	Ancho(m)	Alto (m)	Perímetro (m)
E1	Bocamina 886 W	4044	4.53	4.12	16.65
E2	CX 886 E	4043	4.52	4.21	16.81
E3	CX 960 N	4043	4.51	4.22	16.81
E4	RP 972 E	4045	4.51	4.21	16.79
E5	RP 930 N	4042	4.50	4.11	16.58
E6	RP 930 N	4041	5.10	4.20	17.84
E7	RP 955 E	4044	4.12	4.13	15.90
E8	RP 955 E	4045	4.20	4.10	15.99
E9	RP 955 E	4046	4.13	4.20	16.05
E10	TJ 590	4047	4.20	4.20	16.19
E11	TJ 590 N	4050	4.32	4.52	17.03
E12	TJ 590 N	4050	4.70	4.40	17.53
E13	TJ 590 S	4050	4.72	4.42	17.60
E14	TJ 590 S	4050	4.50	4.52	17.38
E15	RP 086 N	4051	4.10	4.00	15.61
E16	RP 096 NW	4050	4.00	4.12	15.65
E17	RP 086 N	4052	4.10	4.10	15.80
E18	RP 086 N	4053	4.00	4.10	15.61
E19	RP 086 N	4048	4.20	4.00	15.80
E20	Bocamina	4020	4.70	4.60	17.92
E21	RP Don Ernesto	4019	4.10	4.00	15.61
E22	RP Don Ernesto	4021	4.00	4.10	15.61
E23	RP Don Ernesto	4025	4.10	4.10	15.80
E24	RP Don Ernesto	4028	4.12	4.00	15.65
E25	RP Don Ernesto	4032	4.21	4.13	16.07
E26	RP Don Ernesto	4040	4.10	4.00	15.61
E27	Chimenea 01	4100	ϕ	2.50	7.85
<b>Promedio</b>			4.32	4.12	16.06

Fuente: elaboración propia

### 6.5 Temperatura seca y húmeda

La temperatura húmeda y seca se sacó en las estaciones de las siguientes labores usando el anemómetro de paletas.

Para convertir de °F a °C se aplicó la siguiente fórmula:

$$C = (F - 32) \times \frac{5}{9}$$

**Donde:**

**C** = grados Celsius (°C)

**F** = grados Fahrenheit (°F)

**Cuadro 5. Temperatura seca y húmeda**

Estacion N°	Ubicación	Cota (m)	T° Humeda F°	T° seca F°	T° Humeda C°	T° seca C°
E1	Bocamina 886 W	4044	61	58	16.11	14.44
E2	CX 886 E	4044	64	60	17.78	15.56
E3	CX 960 N	4043	64	61	17.78	16.11
E4	RP 972 E	4045	63	60	17.22	15.56
E5	RP 930 N	4042	62	58	16.67	14.44
E6	RP 930 N	4042	61	59	16.11	15.00
E7	RP 955 E	4045	63	60	17.22	15.56
E8	RP 955 E	4045	65	61	18.33	16.11
E9	RP 955 E	4046	68	65	20.00	18.33
E10	TJ 590	4047	88	86	31.11	30.00
E11	TJ 590 N	4050	88	87	31.11	30.56
E12	TJ 590 N	4050	87	86	30.56	30.00
E13	TJ 590 S	4050	88	86	31.11	30.00
E14	TJ 590 S	4050	88	56	31.11	13.33
E15	RP 086 N	4051	87	85	30.56	29.44
E16	RP 096 NW	4050	86	85	30.00	29.44
E17	RP 086 N	4053	86	85	30.00	29.44
E18	RP 086 N	4053	87	86	30.56	30.00
E19	RP 086 N	4053	87	86	30.56	30.00
E20	Bocamina	4020	60	57	15.56	13.89
E21	RP Don Ernesto	4019	61	58	16.11	14.44
E22	RP Don Ernesto	4019	61	58	16.11	14.44
E23	RP Don Ernesto	4025	61	57	16.11	13.89
E24	RP Don Ernesto	4028	61	58	16.11	14.44
E25	RP Don Ernesto	4032	61	58	16.11	14.44
E26	RP Don Ernesto	4040	62	59	16.67	15.00
E27	Chimenea 01	4040	62	59	16.67	15.00

**Fuente: elaboración propia**

## **6.6 Longitud de las labores entre estaciones**

La longitud entre labores se sacó en las estaciones de las siguientes labores usando el distanciómetro.

**Cuadro 6. Longitud de las labores entre estaciones**

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud (pies)</b>
E1	Bocamina 886 W	55	180.45
E2	CX 886 E	35	114.83
E3	CX 960 N	48	157.48
E4	RA 972 E	27	88.58
E5	RP 930 N	72	236.22
E6	RP 930 N	75	246.06
E7	RP 955 E	53	173.88
E8	RP 955 E	54	177.17
E9	RP 955 E	53	173.88
E10	TJ 590	29	95.14
E11	TJ 590 N	32	104.99
E12	TJ 590 N	32	104.99
E13	TJ 590 S	27	88.58
E14	TJ 590 S	70	229.66
E15	RP 086 N	68	223.10
E16	RP 096 NW	50	164.04
E17	RP 086 N	62	203.41
E18	RP 086 N	64	209.97
E19	RP 086 N	23	75.46
E20	Bocamina	48	157.48
E21	RP Don Ernesto	99	324.80
E22	RP Don Ernesto	70	229.66
E23	RP Don Ernesto	47	154.20
E24	RP Don Ernesto	52	170.60
E25	RP Don Ernesto	54	177.17
E26	RP Don Ernesto	26	85.30
E27	Chimenea 01	30	98.43
<b>Total</b>		<b>1325</b>	

Fuente: elaboración propia

### 6.7 Longitud equivalente

Las pérdidas por choques son de origen local, producidas por turbulencias, remolinos, frenadas del aire al enfrentar diversos accidentes dentro del circuito. Los accidentes son cambios de dirección, entradas, contracciones, etc.

La longitud equivalente se determinó en las estaciones de las siguientes labores:


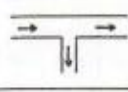

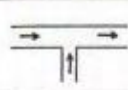

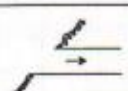

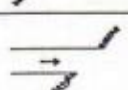
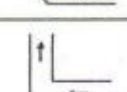
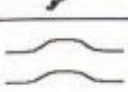
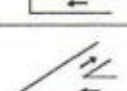
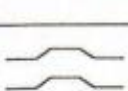
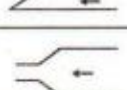

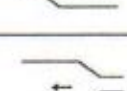



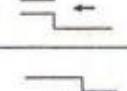

FORMA		Le	FORMA		Le
	CURVA OBTUSA REDONDEADA	0.5		BIFURCACION	230
	ANGULO RECTO REDONDEADO	1		JUNTURA	90
	CURVA AGUDA REDONDEADA	3		ENTRADA	3
	CURVA OBTUSA QUEBRADA	15		DESCARGA	65
	ANGULO RECTO QUEBRADO	70		PASO SOBRE NIVEL (OPTIMO)	1
	CURVA AGUDA QUEBRADA	150		PASO SOBRE NIVEL (BUENO)	65
	CONTRACCION GRADUAL	1		PASO SOBRE NIVEL (MALO)	290
	EXPANSION GRADUAL	1		HUECO PARA PUERTA	70
	CONTRACCION ABRUPTA	10		CARRO O JAULA 20 % AREA DEL CONDUCTO	100
	EXPANSION ABRUPTA	20		CARRO O JAULA 40 % AREA DEL CONDUCTO	500

Figura 9. Cargos equivalentes en pies (le) para varias fuentes de pérdida por choque (Le en pies)

Fuente: Hatman (1991)

El cuadro muestra la longitud equivalente (Le), que se obtuvo en las estaciones de las siguientes labores:

**Cuadro 7. Longitud equivalente**

Estación	Ubicación	Características físicas de la mina	Le (pies)
E1	Bocamina 886 W	1 entrada	3
		1 bifurcación	230
E2	CX 886 E	1 curva obtusa quebrada	15
E3	CX 960 N	1 curva obtusa redondeada	0.5
E4	RA 972 E	1 ángulo recto redondeado	1
E5	RP 930 N	1 curva obtusa redondeada	0.5
		1 descarga	65
E6	RP 930 N	1 juntura	90
		1 bifurcación	230
E7	RP 955 E	1 ángulo recto redondeado	1
E8	RP 955 E	1 ángulo recto redondeado	1
		1 curva obtusa redondeada	0.5
E9	RP 955 E	1 bifurcación	230
E10	TJ 590	1 bifurcación	230
		1 curva obtusa redondeada	0.5
E11	TJ 590 N	1 expansión gradual	1
E12	TJ 590 N	1 bifurcación	230
E13	TJ 590 S	1 bifurcación	230
E14	TJ 590 S	3 ángulos recto redondeado	3
E15	RP 086 N	1 bifurcación	230
		1 curva obtusa redondeada	0.5
E16	RP 096 NW	1 bifurcación	230
		1 ángulo recto redondeado	1
E17	RP 086 N	2 ángulos recto redondeado	2
E18	RP 086 N	1 curva obtusa redondeada	0.5
E19	RP 086 N	1 expansión gradual	1
E20	Bocamina	1 entrada	3
		1 bifurcación	230
E21	RP Don Ernesto	1 curva obtusa redondeada	0.5
E22	RP Don Ernesto	1 ángulo recto redondeado	1
E23	RP Don Ernesto	2 ángulos recto redondeado	2
E24	RP Don Ernesto	1 ángulo recto redondeado	1
E25	RP Don Ernesto	1 ángulo recto redondeado	1
E26	RP Don Ernesto	1 ángulo recto redondeado	1
E27	Chimenea 01	1 ángulo recto quebrado	70

Fuente: elaboración propia

## 6.8 Características de las labores

El siguiente cuadro muestra la descripción de cada labor

**Cuadro 8. Características de las labores**

Ubicación	Cota (m)	Descripción
<b>CX 886 W</b>	4044	Es una bocamina principal de 4.5 x 4 la cual comunica al Cx 886 E y ala RA 930
<b>CX 886 E</b>	4043	Es una labor principal de 4.5 x 4 la cual comunica al Cx 960 y ala Ra 922 E
<b>CX 960 N</b>	4043	Es una labor de 4.5 x 4 la cual comunica al cruce atacocha
<b>RP 972 E</b>	4045	Es una labor de preparación de 4.5 x 4 y de gradiente de 15 %, la cual comunica al tajo Don Ernesto para extraer mineral
<b>RP 930 N</b>	4042	Es una labor principal de 4.5 x 4 y de gradiente de + 15%, la cual comunica a la Ra principal 955 la cual comunica al tajo Don Ernesto
<b>RP 955 E</b>	4046	Es una labor principal de 4 x 4 y de gradiente + 15 % la cual comunica al tajo 590 N y tajo 590 N
<b>TJ 590 N</b>	4050	Es un tajo de extracción de mineral cuyo metodo de extraccion es corte y relleno ascendente
<b>TJ 590 S</b>	4050	Es un tajo de extracción de mineral cuyo metodo de extraccion es corte y relleno ascendente
<b>RP 086 N</b>	4051	Es una labor de 4 x 4 y de gradiente + 15 % la Cual comunica al la Ra 048 E y sirve para el el flujo del sistema de ventilacion
<b>RP 096 NW</b>	4050	Es una labor de preparacion de 4 x 4 y de gradiente - 15 % la Cual comunica al tajo 590 N para extraer mineral
<b>RP 086 N</b>	4048	Es una labor de 4 x 4 y de gradiente + 15 % la Cual comunica al la Ra 086 E y sirve para el el flujo del sistema de ventilacion
<b>Bocamina</b>	4020	Es una bocamina principal de 4.0 x 4 la cual comunica a la Ra don ernesto y sirve para el transporte de mineral
<b>RP Don Ernesto</b>	4040	Es una bocamina principal de 4.0 x 4 la cual comunica al Ra 955 E y ala RA 930 y sirve para el transporte de mineral
<b>CH 01</b>	4100	Es una chimenea de 2.5 mt de diametro la cual ingresa el flujo de aire

Fuente: elaboración propia

## 6.9 Detección de contaminantes

Nos referimos a los agentes químicos (polvos, vapores, gases, humos metálicos, neblinas, entre otros), físicos (temperaturas extremas, presión barométrica, humedad extrema, entre otros) y biológicos (mohos, hongos, bacterias) que puedan presentarse en las labores e instalaciones y que contribuyen a que las condiciones ambientales de interior de mina no sean las adecuadas, representando en muchos casos un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores.

### a. Explosivos

Compuestos por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno además de aluminio, calcio, sodio a fin de mejorar sus efectos de rotura.

Su balance de oxígeno es tal que el carbono se transforma en  $\text{CO}_2$ ; el hidrógeno en agua; el oxígeno se mezcla con el del ambiente, así como el nitrógeno.

Normalmente su reacción es incompleta y por lo mismo produce gases, entre otros resultados. Esta reacción incompleta se presenta por:

- Mal confinamiento
- Uso de espaciadores con material combustible
- Fracturas en el terreno
- Aditivos en el explosivo (aserrín, harinas)
- Altas temperaturas en los taladros
- Humedad (agua) en los taladros
- Velocidad de detonación inferior a la requerida
- Otros

### b. Motores Diésel

Por la combustión incompleta del petróleo que producen gases, entre otros agentes contaminantes; en interior de mina, los vehículos Diésel autorizados cuentan con purificadores que oxidan catalíticamente (modifican



la velocidad de la sustancia catalizadora, sin descomponerse ni combinarse esta sustancia).

## 6.10 Caudal de aire requerido

En toda mina subterránea debe calcularse los requerimientos de aire fresco para:

- El personal que labora en interior de mina
- Para los equipos diésel autorizados (*scooptram, bolter, jumbo, scaler*)
- Dilución de contaminante

### 6.10.1 Caudal según el número de personas

Para el caudal, según el número de personas, se aplica la siguiente formula:

$$Q1 = q \times n$$

**Donde:**

**Q1** = caudal requerido según el número de personas m<sup>3</sup>/min

**q** = cantidad mínima de aire necesaria

**n** = número de trabajadores en interior de mina

Según el Artículo 247 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Decreto Supremo N° 024 – 2016 se tiene que:

En los lugares de trabajo de las minas ubicadas hasta mil quinientos (1500) metros sobre el nivel del mar, la cantidad mínima de aire necesario por hombre será de tres metros cúbicos por minuto (3 m<sup>3</sup>/min). En otras altitudes la cantidad de aire será de acuerdo a la siguiente escala:

1. De 1500 a 3000 m s.n.m. aumentará en 40% que será igual a 4 m<sup>3</sup>/min
2. De 3000 a 4000 m s.n.m. aumentará en 70% que será igual a 5 m<sup>3</sup>/min
3. Sobre los 4000 m s.n.m. aumentará en un 100% que será igual a 6 m<sup>3</sup>/min

La mina Milpo, Veta Don Ernesto se encuentra a 4050 m s.n.m., lo cual se trabajará con  $q = 6 \text{ m}^3/\text{min}$ .

En la empresa vienen laborando 28 personas /guardia.

**Cuadro 9. Caudal según el número de personas**

<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>
inspeccion gerencial	4
Gerente de operaciones	1
Residente	1
ing. Jefe de guardia	1
Ing. De seguridad	1
Ing. Geomecanico	1
Ing. Productividad	1
ing. Geólogo	1
inspector de seguridad	1
Topógrafo	1
Ayudante topógrafo	1
Logistica	2
Operador jumbero	1
Ayudante jumbero	1
Operador de bolter	1
Ayudante de bolter	1
Operador de scoop	1
Operador de scaler	1
Disparadores	2
Electricista	1
Mecanico Eq. Pesado	2
Chofer de camioneta	1
<b>Total / Guardia</b>	<b>28</b>

Fuente: elaboración propia

**Reemplazando:**

$$Q1 = 6 \times 28$$

$$Q1 = 168 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q1 = 5932.86 \text{ CFM}$$

### 6.10.2 Caudal para los equipos diésel autorizados

Los equipos que trabajan en interior de mina Veta Don Ernesto son los siguientes:

**Cuadro 10. Caudal para los equipos diésel autorizados**

Equipo	Cantidad	Potencia KW	Potencia HP
Scoop R1600G	1	200	268
Bolter 88	1	72	97
Jumbo DD 310 - 26	1	70	94
Scaler 853 - S8	1	72	97
Total			555

Fuente: elaboración propia

Según el Artículo 254 inciso b) del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Decreto Supremo N° 024 – 2016 se tiene que:

La cantidad de aire circulante no será menor de tres (3) m<sup>3</sup>/min por cada HP que desarrollen los equipos.

La fórmula que se utiliza para hallar requerimiento de aire fresco; cuando se utiliza equipos diésel:

$$Q2 = 3 \times [HP - (HP \times \%)]$$

**Donde:**

**Q2** = caudal requerido para los equipos diésel autorizados m<sup>3</sup>/min

**3** = cantidad de aire circulante por cada HP que desarrollen los equipos

**HP** = potencia de placa desarrollados por el total de vehículos diésel autorizados que trabajen en interior de mina

**%** = porcentaje de corrección de la potencia por altura de trabajo

**Reemplazando:**

$$Q2 = 3 \times [555 - (555 \times 0.4050)]$$

$$Q2 = 991.0 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q2 = 34996.9 \text{ CFM}$$

**Cuadro 11. Caudal CFM**

Equipo	Cantidad	Potencia KW	Potencia HP	Caudal m3/min	Caudal CFM
Scoop R1600G	1	200	268	478.74	16906.71
Bolter 88	1	72	97	172.35	6086.42
Jumbo DD 310 - 26	1	70	94	167.56	5917.35
Scaler 853 - S8	1	72	97	172.35	6086.42
<b>Total</b>			<b>555</b>	<b>991.0</b>	<b>34996.9</b>

Fuente: elaboración propia

### 6.10.3 Caudal para dilución de contaminantes

Los requerimientos adicionales de aire fresco que se debe considerar en minas; dado que, los agentes contaminantes presentes en el ambiente de trabajo pueden causar incomodidad o daños a la salud y/o las condiciones de ventilación nos sean adecuadas.

Según el Artículo 246 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, Decreto Supremo N° 024 – 2016 se tiene que:

Al inicio de cada jornada o antes de ingresar a labores mineras, en especial labores ciegas programadas, como chimeneas y piques deberá realizar mediciones de gas de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno y otros, de acuerdo a la naturaleza del yacimiento, al uso de explosivos y al uso de equipos con motores petroleros, las que

deberán ser registradas y comunicadas a los trabajadores que tienen que ingresar a dicha labor.

Para el cálculo de este caudal, se emplea la siguiente fórmula:

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

**Donde:**

**Q3** = caudal de aire requerido por consumo de explosivo detonado (m<sup>3</sup>/min)

**A** = cantidad de explosivo detonado, equivalente a dinamita 60%(kg) (consumo de total de explosivo empleado por turno)

**a** = volumen de gases generados por cada Kg de explosivo

**a** = 0.04 (m<sup>3</sup>/Kg de explosivo). Valor tomado como norma general

**d** = % de dilución de los gases en la atmósfera, deben ser diluidos a no menos de 0.008% y se aproxima a 0.01%

**t** = tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente, este tiempo no es mayor de 30 minutos, cuando se trata de detonaciones corrientes.

En las labores de la Mina Milpo Veta Don Ernesto, se utiliza la siguiente cantidad de explosivo para frentes y Breasting.

**Cuadro 12. Cantidad de explosivo (Kg)**

	Cantidad de Explosivo (Kg)	
	Anfo	Emulex
Frentes	75	25
Breasting	50	12.5
Total/día	162.5	
<b>Total/turno</b>	<b>81.25</b>	

Fuente: elaboración propia

**Reemplazando:**

$$Q3 = [(100 \times 81.25 \times 0.04) / (0.008 \times 30)]$$

$$Q3 = 1354.17 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q3 = 47821.94 \text{ CFM}$$

#### 6.10.4 Caudal de aire total

El caudal del aire total es el resultado de la suma del aire requerido para la mina El Porvenir Veta Don Ernesto.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

**Reemplazando:**

$$Q_t = 5932.86 + 34996.90 + 47821.94$$

$$Q_t = 88,751.71 \text{ CFM}$$

Resumen total de aire requerido para la mina El Porvenir Veta Don Ernesto.

**Cuadro 13. Caudal CFM**

	Caudal m <sup>3</sup> /min	Caudal CFM
Por el número de personas	168.00	5,932.86
Por el uso de equipos diésel	991.00	34,996.90
Por la dilución de contaminantes	1,354.17	47,821.94
<b>Total</b>	<b>2,513.17</b>	<b>88,751.71</b>

Fuente: elaboración propia

#### 6.11 Requerimiento de aire

La mina el porvenir Nv. 4050 Veta Don Ernesto requiere un flujo de aire de 90,000.0 CFM, para poder satisfacer los requerimientos para el personal, equipos diésel autorizados y para la dilución de contaminantes, lo cual se

requiere instalar un ventilador de 30,000.00 CFM y un ventilador de 60,000.00 CFM.

**Cuadro 14. Caudal CFM**

	<b>Caudal m<sup>3</sup>/min</b>	<b>Caudal CFM</b>
<b>Por el número de personas</b>	168.00	5,932.86
<b>Por el uso de equipos diésel</b>	991.00	34,996.90
<b>Por la dilución de contaminantes</b>	1,354.17	47,821.94
<b>Total</b>	<b>2,513.17</b>	<b>88,751.71</b>
<b>Requerimiento de Aire</b>		<b>90,000.00</b>

Fuente: elaboración propia

## 6.12 Balance de flujos

**Cuadro 15. Balance de flujos**

<b>BALANCE DE FLUJOS</b>					
<b>ENTRADA</b>			<b>SALIDA</b>		
Bocamina 886 W	866.43	m <sup>3</sup> /min	Bocamina 4020	1826.68	m <sup>3</sup> /min
Chimenea 01	1030.84	m <sup>3</sup> /min			
<b>TOTAL</b>	<b>1,897.26</b>	<b>m<sup>3</sup>/min</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1,826.68</b>	<b>m<sup>3</sup>/min</b>

Fuente: elaboración propia

El siguiente cuadro muestra los caudales hallados para cada estación, lo cual sirvió para sacar el balance de flujos.

**Cuadro 16. Caudales hallados**

Estacion N°	Ubicación	Cota (m)	Área (m2)	Velocidad m/min	Velocidad m/s	Caudal m3/min	Caudal CFM
E1	Bocamina 886 W	4044	17.33	50	0.83	866.43	30597.56
E2	CX 886 E	4043	17.67	30	0.50	530.04	18718.16
E3	CX 960 N	4043	17.67	20	0.33	353.42	12480.74
E4	RP 972 E	4045	17.63	20	0.33	352.58	12451.17
E5	RP 930 N	4042	17.17	12	0.20	206.06	7277.08
E6	RP 930 N	4041	19.89	15	0.25	298.32	10534.94
E7	RP 955 E	4044	15.80	18	0.30	284.37	10042.49
E8	RP 955 E	4045	15.99	15.00	0.25	239.82	8469.27
E9	RP 955 E	4046	16.11	14.00	0.23	225.47	7962.49
E10	TJ 590	4047	16.38	12.00	0.20	196.54	6940.67
E11	TJ 590 N	4050	18.13	10	0.17	181.30	6402.41
E12	TJ 590 N	4050	19.20	10.00	0.17	192.01	6780.66
E13	TJ 590 S	4050	19.37	12	0.20	232.44	8208.56
E14	TJ 590 S	4050	18.89	12.00	0.20	226.62	8003.01
E15	RP 086 N	4051	15.23	11.00	0.18	167.50	5915.04
E16	RP 096 NW	4050	15.30	9.00	0.15	137.71	4863.19
E17	RP 086 N	4052	15.61	10.00	0.17	156.08	5511.75
E18	RP 086 N	4053	15.23	8.00	0.13	121.81	4301.85
E19	RP 086 N	4048	15.60	8.00	0.13	124.79	4406.77
E20	Bocamina 4020	4020	20.07	91.00	1.52	1826.68	64508.73
E21	RP Don Ernesto	4019	15.23	35.00	0.58	532.94	18820.59
E22	RP Don Ernesto	4021	15.23	21.00	0.35	319.76	11292.36
E23	RP Don Ernesto	4025	15.61	20.00	0.33	312.15	11023.49
E24	RP Don Ernesto	4028	15.30	12.00	0.20	183.61	6484.25
E25	RP Don Ernesto	4032	16.14	18.00	0.30	290.58	10261.86
E26	RP Don Ernesto	4040	15.23	18.00	0.30	274.08	9679.16
E27	Chimenea 01	4100	4.91	210.00	3.50	1030.84	36403.68
<b>Promedio</b>			<b>16.37</b>	<b>26.70</b>	<b>0.45</b>		

Fuente: elaboración propia

### 6.13 Caída de presión

Para determinar la caída de presión se aplica la fórmula de Atkinson.

Atkinson estableció las bases para el desarrollo de esta ciencia, es decir orientándolo al flujo de aire en interior de las minas.

Aplicando la fórmula de Atkinson tendremos:

$$P = [(K \times C \times L \times V^2)/(A)]$$

**Donde:**

P = pérdida de presión (Pa)

K = factor de fricción (Ns/m<sup>4</sup>)



C = perímetro (m)... (Promedio del cuadro 4)

L = Longitud (m)... (Total longitud cuadro 6)

V = Velocidad (m/s)... (Promedio Velocidad Cuadro 16)

A = Área (m<sup>2</sup>)... (Promedio área Cuadro 3)

### Tabla del Coeficiente de Fricción (K)

Los valores K son determinados por la medición y cálculos, la tabla que se incluye a continuación incluye algunos valores típicos que pueden utilizarse.

Cuadro 17. Tabla del coeficiente de fricción (K)

CONDUCTO DE VENTILACIÓN	K(Ns <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )
Pique rectangular de madera	0,045 – 0,09
Pique circular revestido de hormigón	
-Vacío	0,0037
- con puntales divisorios	0,0075 – 0,06
- Con puntales divisorios aerodinámicos	0,0045 – 0,025
Túnel subterráneo	0,011 – 0,018
Cañerías galvanizadas	0,0027
Conducto de ventilación flexible	0,003
Ductos e fibra de vidrio	0,0025

Fuente: Proseer y Wallace, 1999, US Mine Ventilation Symposium

**Reemplazando:**

$$P = [(0.011 \times 16.06 \times 1325 \times 0.45^2) / (16.37)]$$

$$P = 2.83 \text{ Pa}$$

La presión requerida para superar la fricción deber ser de 2.83 Pa

**CAPÍTULO VII**  
**ASPECTOS FINANCIEROS**  
**COSTOS**

**7.1 COSTOS DE VENTILACIÓN**

**7.1.1 Costos fijos o de propiedad**

**a) Amortización**

Es el pago periódico o recuperación del capital invertido en la adquisición de bienes (costos fijos).

Se halla aplicando entre otras, la siguiente fórmula:

$$a = A \times \left\{ \frac{[(1 + I) \times (N * I)]}{[(1 + I) \times (N - 1)]} \right\}$$

**Donde:**

a = amortización

A = monto invertido, monto del préstamo o valor presente

I = tasa de interés

N = vida útil del bien, número de cuotas de devolución

## b) Depreciación (D)

Es la disminución del valor del bien adquirido por obsolescencia o por el desgaste operacional, o fondo de reposición.

Se considera el valor de rescate o de recuperación al final de su vida útil, el mismo que oscila entre 10 y 25% del costo de adquisición, siendo el más usual el 20%. Se halla aplicando la siguiente fórmula:

$$D = 80\% \text{ del precio de adquisición / vida útil}$$

### 7.1.2 Costos de operación

#### a) Costo de mantenimiento (M)

Son los costos de mano de obra, materiales, instalaciones, herramientas, etc. Que se utilizan durante la vida útil del bien.

Son aplicados a los ventiladores, ductos, cables eléctricos, equipos de medición.

Se halla mediante la fórmula empírica:

$$M = \text{precio de adquisición / vida útil}$$

En el siguiente cuadro se muestra la amortización, depreciación y costo de mantenimiento calculado para los ventiladores, herramientas, ductos de ventilación, etc.

**Cuadro 18. La amortización, depreciación y costo de mantenimiento calculado**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DE ADQUISICIÓN US\$	VIDA UTIL AÑOS	A US\$/AÑO	D US\$/AÑO	M US\$/AÑO	SUB TOTAL US\$/AÑO
<b>VENTILADORES</b>								
Axial 30000 CFM	c/u	1	8,500.00	10	1504.365395	680	850	3034.3654
Axial 60000 CFM	c/u	1	15,000.00	10	2654.762462	1200	1500	5354.76246
<b>DUCTO METALICO</b>								
De 30" diametro	c/u	1	1,000.00	10	176.98	80.00	100.00	356.98
<b>CABLE ELÉCTRICO</b>								
3 x 12 AWG NYY	m	700	1,400.00	10	247.78	112.00	140.00	499.78
<b>EQUIPOS DE MEDICION</b>								
Anemómetro KESTREL	c/u	1	400.00	2	236.68	160.00	200.00	596.68
Bomba de humo	c/u	1	25.00	2	14.79	10.00	12.50	37.29
Medidor de gases	c/u	1	700.00	2	414.19	280.00	350.00	1,044.19
<b>MANGA DE VENTILACIÓN</b>								
De 30" diametro	m	750	3,750.00	1				3,750.00
<b>MATERIALES</b>								
Alcayatas	c/u	300	1,500.00	2				750.00
<b>COSTO TOTAL</b>								<b>15,424.05</b>

Fuente: elaboración propia

### 7.1.3 Costo de energía eléctrica (E)

Se obtiene el costo de cada ventilador eléctrico en operación en base a la fórmula:

$$E = P \times TE \times \text{costo/ kW} \times \# \text{ ventiladores}$$

**Donde:**

**E** = energía

**P** =  $((\sqrt{3} * V * I * \text{Cos}\phi * e)/1000)$

**TE** = horas de trabajo consideradas durante un período considerado

Costo/kW = es el precio fijado por cada kW producido o adquirido.

**P** = potencia; kW

**TE** = tiempo efectivo de operación de cada ventilador durante el período considerado; los ventiladores principales y secundarios trabajan normalmente las 24 horas, 26 días/mes y 12 meses/año

**Costo/KW** = costo de cada kW consumido por cada ventilador; este dato lo proporciona generalmente la Casa de Fuerza

**V** = voltaje; voltios, que viene grabado en la placa del motor

**I** = amperaje; amperios, que viene grabado en la placa del motor

**Cos φ** = parámetro eléctrico; 0.87

**e** = eficiencia del motor; normalmente es 0.98, pudiendo ser de menor a más tiempo de trabajo del ventilador.

### a.) Cálculo de la potencia (P)

Cuadro 19. Cálculo de la potencia (P)

Ventiladores	Vontaje (V)	Amperaje (I)	Parámetro Electrico (Cos φ)	Eficiencia de motor (e)	POTENCIA (P) KW
Axial 30000 CFM	440	68	0.87	0.95	42.83
Axial 60000 CFM	460	119	0.87	0.95	78.36

Fuente: elaboración propia

### b) Tiempo efectivo de operación (TE)

Cuadro 20. Tiempo efectivo de operación (TE)

	Horas/día	Días/mes	Meses	Horas/año
TE	16	30	12	5760

Fuente: elaboración propia

### c.) Costo de la energía eléctrica (E)

Cuadro 21. Costo de la energía eléctrica (E)

Costo Energia Eléctrica (US\$/kw)	4.66
# de Ventiladores de 30000 CFM (und)	1
# de Ventiladores de 60000 CFM (und)	1

Fuente: elaboración propia

$$E = P \times TE \times \text{costo/ kW} \times \# \text{ ventiladores}$$

Aplicando la fórmula:

**Cuadro 22. Costo de la energía eléctrica (E)**

(E) Para Ventilador de 30000 CFM	1,149,670.73
(E) Para Ventilador de 60000 CFM	2,103,374.86
<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>3,253,045.59</b>

Fuente: elaboración propia

#### 7.1.4 Costos de salarios del personal

**Cuadro 23. Costos de salarios del personal**

CARGO	CANTIDAD	SALARIO S./MES	SALARIO S./AÑO	SALARIO US\$/AÑO
Ingeniero Supervisor	1	4,500.00	98,420.4000	30,756.38
Jefe de Seguridad	1	4,500.00	98,420.4000	30,756.38
Inspector de Seguridad	1	3,000.00	65,613.6000	20,504.25
Electricista	1	2,500.00	54,678.0000	17,086.88
Operador de Magnitud	1	2,000.00	43,742.4000	13,669.50
Tecnico Supervisor	1	3,000.00	65,613.6000	20,504.25
Ayudante de Ventilación	2	1,500.00	65,613.6000	20,504.25
<b>TOTAL US\$/AÑO</b>				<b>153,781.88</b>

Fuente: elaboración propia

#### 7.1.5 Resumen de hoja de cálculo de costos

El siguiente cuadro muestra el resumen de costos por año.

**Cuadro 24. Resumen de hoja de cálculo de costos**

CONCEPTO	SUB TOTAL US\$/AÑO
Ventiladores, Accesorios, Materiales y Equipos de Medición	15,424.05
Energía Eléctrica	3,253,045.59
Salários	153,781.88
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>3,422,251.51</b>

Fuente: elaboración propia

### 7.1.6 Costo por tonelada métrica

Se calcula el costo total por año entre la extracción de mineral por año

**Cuadro 25. Costo por tonelada métrica**

Extraccion de Mineral/mes	6,000.00
Extraccion de Mineral/año	72,000.00

<b>COSTO/TM</b>	<b>47.53</b> US\$/TM
-----------------	----------------------

Fuente: elaboración propia

## CONCLUSIONES

- El diseño del sistema de ventilación a emplearse consta de colocar un ventilador en el CX 886 W proporcionando de aire fresco al CX 960 N y RA 972 E y el otro ventilador de 60000 CFM ubicado en la chimenea 930 proporcionado de aire TJ 590 N, TJ 590 S, RA 086 y el TJ 096 NW.
- De acuerdo al levantamiento de ventilación se tuvo 27 estaciones de ventilación lo cual se determinó el área, perímetro, la velocidad del aire en interior de mina y finalmente se obtuvo los caudales para tener un balance de flujos.
- El caudal total requerido de acuerdo al número de personas, por el uso de equipos diésel y por la dilución de contaminantes será de 90000 CFM, seleccionando un ventilador de 30000 CFM y otro de 60000 CFM.
- El costo de ventilación de acuerdo a los costos fijos, costos de operación costos de energía eléctrica y costos de salario de personal es de 47.53 US\$/TM.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pulmones de ventilación y chimeneas de ventilación en la zona Don Ernesto de acuerdo al avance de operación mina, para tener buen flujo de ventilación.
- Realizar mensualmente el monitoreo de monóxido de carbono a los equipos pesados que ingresan a interior de mina para que no sobrepasen el límite máximo permisible que es de 500 PPM y así tener buen flujo de ventilación.
- Se debe cumplir con el mantenimiento programado de los equipos que trabajan en interior de mina para disminuir la emanación de monóxido de carbono.
- De igual forma cumplir con el mantenimiento programado de los ventiladores instalados en interior de mina para que trabajen con un buen rendimiento y no se incrementen los costos de mantenimiento.
- Implementar mangas anilladas para las zonas de curvas y así reducir la pérdida de flujo de aire por fricción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú; “Manual de Ventilación de Minas”, Editorial IIMP Lima, Perú, 2000.
- Alejandro Novitzky; “Ventilación de Minas” Buenos Aires, 1962.
- Reglamento de Seguridad e Higiene Minera D.S.N° 024 – 2016 – EM; Modificatoria D.S. 023 – 2017 – EM.
- Curso: “Ventilación de Minas”. Universidad Nacional de Ingeniería. Por: Ing. Pablo Jiménez Ascanio. Lima – 1990.
- Influencia de la Ventilación Mecánica, en el diseño del Sistema de Ventilación NV. 4955 Mina Urano SAC. Puno - 2016 Tesis. Jesús Alberto Suty Vilca.

**ANEXOS**

## ANEXO 1

**TITULO: “DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL NV 4050 VETA DON ERNESTO UNIDAD MINERA EL PORVENIR - MILPO**

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>				
<b>1. PROBLEMA</b>	<b>2. OBJETIVO</b>	<b>3. HIPÓTESIS</b>	<b>4. VARIABLE</b>	<b>5. METODOLOGIA</b>
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es el diseño del Sistema de Ventilación a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir - Milpo?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Realizar el diseño del Sistema de Ventilación a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir - Milpo</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>El diseño del Sistema de Ventilación a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir - Milpo influirá positivamente en la evacuación de gases.</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>Diseño de Ventilación</p> <p><b>Dependiente</b></p> <p>Nivel 4050 Veta Don Ernesto</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicativo</li> </ul> <p><b>Nivel de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descriptivo – Correlacional</li> </ul>

<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos Específicos:</b>	<b>Hipótesis Específicas:</b>	<b>Diseño de Investigación</b>
<p>¿Cuál es el resultado del levantamiento de ventilación en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo?</p> <p>¿Cuál es el caudal de aire necesario a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo?</p> <p>¿Cuál es el costo de ventilación a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo?</p>	<p>Realizar el levantamiento a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo</p> <p>Calcular el caudal de aire necesario a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo</p> <p>Determinar el costo de ventilación a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo</p>	<p>La realización del levantamiento de ventilación en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo es factible y viable.</p> <p>El caudal de aire necesario a emplearse en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo influye en el diseño de ventilación.</p> <p>La determinación del costo de ventilación en el nivel 4050 Veta Don Ernesto Unidad Minera el Porvenir Milpo es factible y viable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuasi Experimental</li> </ul> <p><b>Población</b></p> <p>Nivel 4050 Veta Don Ernesto</p> <p><b>Muestra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CX 886 W</li> <li>• CX 960 N</li> <li>• RP 972 E</li> <li>• RP 930</li> <li>• TJ 590 N</li> <li>• TJ 590 S</li> <li>• RP 086</li> <li>• TJ 096 NW</li> <li>• RA Don Ernesto</li> </ul>

## ANEXO 2



Ingreso al NV 4020 Mina Milpo El porvenir Veta Don Ernesto

### ANEXO 3

MCP - PZA - 02

**LMP - GASES**

RP-015

$O_2$  19.5%  $NO_2$  5ppm

$CO$  25ppm  $CO_2$  5000ppm

ROL	NOMBRE DEL SUPERVISOR	HORA	$O_2$	$CO$	$NO_2$
	J. Portuero	9:20	19.8%	30ppm	0.2ppm
	J. Portuero	10:18	19.8%	32ppm	0.5ppm

Monitoreo de gases antes de implementar el sistema de ventilación

MCP - PZA - 04

**PERC**

**LIMITES PERMISIBLES**

$O_2$  19.5%  $NO_2$  5ppm

$CO$  25ppm

RIESGO	CONTROL	SUPERVISOR	GAS HORA	MONITOREO		
				$O_2$	$CO$	$NO_2$
Exposición a gases	- Monitoreo constante - Ventilación - Manga a 15m del tope - Portar autorescatador	J. SOTO	9:10 AM	20.9	8	0.0
		M. Urdazola	9:30	20.6	6	0.0
Caída de Rocas	- Desate constante - Sostentamiento al tope.	C. Chavez	10:30	20.9	0	0

Monitoreo de gases después de implementar el sistema de ventilación

## ANEXO 4

### INSTRUMENTOS USADOS EN EL MONITOREO DE GASES

#### ANEMÓMETRO KESTREL





## DISTANCIÓMETRO



## DETECTOR DE GASES

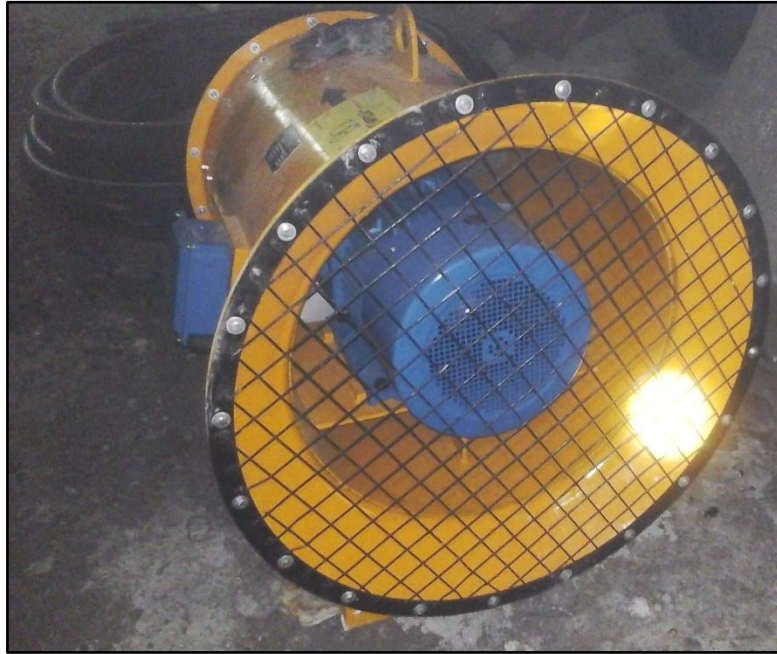


## EQUIPO DE MONITOREO DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)



## ANEXO 5

### VENTILADORES



**VENTILADOR DE 30000 CFM**



**VENTILADOR DE 60000 CFM**

## ANEXO 6

### ACCESORIOS DE VENTILACIÓN



**DUCTO DE VENTILACIÓN**



**MANGA DE VENTILACIÓN**

# **PLANO ISOMÉTRICO**

# **PLANO GEOLÓGICO**

**PLANO**  
**DE**  
**VENTILADORES Y**  
**MANGAS DE**  
**VENTILACIÓN**