

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**PLANEAMIENTO DE MINADO SUBTERRANEO PARA VETAS  
ANGOSTAS: CASO PRACTICO; mina “Esperanza de  
Caravelí” de Compañía Minera Titán S.R.L**

Tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas, que presenta el bachiller:

**Alejandro Enrique Mena Salas**

**ASESOR: Víctor Gobitz Colchado**

Lima, Noviembre del 2012

## RESUMEN DE TESIS

En el presente trabajo de tesis se presenta un análisis de sensibilidad económica acerca de los ingresos, costos e inversiones involucrados en un negocio minero, tomando como caso práctico una mina aurífera de vetas angostas en la zona sur del Perú (mina Esperanza) propiedad de la empresa minera Titán del Perú S.R.L.

Se analiza el incremento del 30% en la producción total con la entrada en operación de la veta Dulce (zona Coila), continuando con la cuota de mineral que normalmente aportan la zona de Aurora (veta Aurora) y la zona de Gisela (veta Gisela y veta Carmen).

Se programa para el año 2012 incrementar paulatinamente la producción mensual con el objetivo de cubrir la capacidad instalada y autorizada de la planta de beneficio (6, 000 ton/mes). Para el año 2013 y 2014 se plantea continuar con dicha producción, dando prioridad a los trabajos exploratorios, ante la existencia de 09 vetas adicionales a las mencionadas líneas arriba y que podrían significar un adecuado sustento para proyectos futuros de crecimiento.

Por consiguiente en el presente trabajo después de mencionar un alcance geológico local del yacimiento se presenta un cálculo actualizado acerca de los recursos y reservas del yacimiento. Posteriormente se presentan, de manera sucinta los estudios geomecánicos que permiten diseñar el método de minado de Corte y Relleno Ascendente. Se presenta de manera resumida los aspectos de ventilación dado que altas temperaturas existentes en la zona determinan la necesidad de ventilación forzada; y asimismo se enumeran los equipos y servicios auxiliares mineros requeridos. Tomando toda esta información técnica, se presenta el programa de avances y producción sobre las vetas tomadas en cuenta con el fin de cubrir el tonelaje requerido por la planta de beneficio.

Una vez obtenido el programa de producción y leyes mensuales para dichos años, se procede a la valorización del mismo, con precios de mercado, para los distintos metales; obteniendo los ingresos por ventas de concentrado y de Doré respectivamente.

Conociendo los ingresos y habiendo calculado los costos, se realizará la evaluación económica de la mina Esperanza, conocida como la determinación del Cash Cost, el cual nos definirá el margen operativo de la empresa. A su vez realizaremos un análisis de las inversiones involucradas (Capex) para alcanzar dichos objetivos.

Finalmente se mostrará un análisis de sensibilidad unidimensional, obteniendo conclusiones y recomendaciones acerca de los resultados obtenidos.




 PONTIFICIA  
 UNIVERSIDAD  
 CATÓLICA  
 DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero de Minas  
 ALUMNO : Alejandro Enrique Mena Salas.  
 CÓDIGO : 2000.2084  
 PROPUESTO POR : Dr. Edmundo Abdul Alfaro Delgado.  
 ASESOR : Ing. Víctor Gobitz Colchado.



TEMA : Planeamiento de minado subterráneo para vetas angostas:  
 CASO PRACTICO: mina "Esperanza de Caraveli" de compañía minera Titán S.R.L.  
 No. TEMA : 87  
 FECHA : 21 de noviembre del 2011.  
 OBJETIVOS :

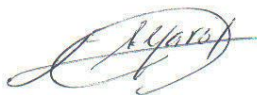
La presente tesis tiene como objetivo principal el desarrollo de un plan operativo-económico a mediano plazo para la mina subterránea: Esperanza de Caraveli, el cual se basa en un diseño de mina detallado, que incluye: geología, geomecánica, método de minado, servicios auxiliares y ventilación; lo cual permitirá un análisis sobre sus ventas, costos e inversiones; y constituirá una de sus herramientas principales en la toma de decisiones de la empresa.

A este planeamiento de minado subterráneo se le incorporará información estadística actualizada de los procesos productivos involucrados en el negocio minero en su integridad, lo cual nos permitirá realizar una evaluación económica general, y permitirá sustentar la viabilidad del proyecto.

El planeamiento operativo-económico a corto y mediano plazo es la columna vertebral del negocio minero, su correcta formulación y seguimiento del mismo, otorgarán los beneficios económicos expuestos en esta tesis.

#### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

El desarrollo de la presente tesis muestra como analizar las principales variables que explican la viabilidad del proyecto minero en la mina Esperanza de Caraveli, bajo los parámetros de producción de la mina y/o precio del mineral involucrado. Para llevar a cabo este análisis se toma en cuenta los gastos efectuados por los diversos departamentos así como las ganancias que se obtendrían como consecuencia de la venta del mineral.





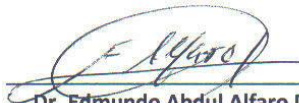


## PLAN DE TRABAJO:

La metodología de trabajo de esta tesis seguirá el siguiente procedimiento:

- Estadía en las operaciones mineras, para conocer e internalizar los principales procesos productivos existentes.
- Análisis y recolección de información relevante del proceso de planeamiento de minado: especificaciones técnicas, rendimientos, costos e inversiones.
- Desarrollo de un modelo que permita analizar la sensibilidad económica del proyecto.
- Establecer conclusiones y recomendaciones que se extraen a partir de éste caso práctico y que son aplicables a proyectos mineros similares.

Máximo 100 páginas.



Dr. Edmundo Abdul Alfaro Delgado  
Coordinador  
Especialidad de Ingeniería de Minas



Ing. Victor Gobitz Colchado  
Asesor



## AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por guiar mis pasos diariamente, permitiéndome aprender de mis errores con entereza y aplomo; a mis padres Alejandro y María que con su amor, perseverancia y comprensión apoyaron a que sea consecuente con mis ideales y firme con mis decisiones; a mis hermanos Norman y Jorge Luis por su amor y amistad.

Agradecer a todas las personas que me apoyaron en esta tesis con sus ideas y comentarios, gracias a la Dra. Silvia Rosas, a la Dra. Maribel Guzmán, al Ingeniero Víctor Gobitz, al Ingeniero Mario Cedrón y a todos mis profesores, que sin su ayuda no hubiese sido posible el desarrollo correcto de esta tesis. No puedo dejar de mencionar a la empresa minera Titán del Perú S.R.L, en especial al Ingeniero Aníbal Chumbe quienes me proporcionaron gratos días laborales y facilitaron recursos para poder llevar a cabo el trabajo de tesis.

Agradecer de manera especial al Sr. Roberto Dávila quien con sus sabios consejos y grata amistad permitieron expandir mis horizontes personales.





### **DEDICATORIA**

*A mi madre, padre y hermanos por su apoyo*

*incondicional en mi desarrollo personal y profesional.*

## Índice

<b>CAPITULO I: INTRODUCCION</b>	<b>16</b>
1.1. ANTECEDENTES:	16
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES:	17
1.2.1. Objetivos.	17
1.2.1.1. Objetivo general.	17
1.2.1.2. Objetivos específicos.	17
<b>CAPITULO II: GENERALIDADES</b>	<b>18</b>
2.1. UBICACIÓN:	18
2.2. ACCESIBILIDAD:	18
2.3. PROPIEDAD MINERA:	20
2.4. FISIOGRAFIA:	20
2.5. CLIMA:	20
2.6. VEGETACION:	21
2.7. DRENAJE:	21
2.8. TOPOGRAFIA:	21
2.9. RECURSOS:	21
2.9.1. Recursos hídricos.	21
2.9.2. Aire comprimido.	21
2.9.3. Energía eléctrica.	22
2.9.4. Recursos humanos.	22



2.9.5. Insumos.	22
<b>CAPITULO III: GEOLOGIA</b>	<b>23</b>
3.1. GEOLOGIA LOCAL:	23
3.2. GEOLOGIA REGIONAL:	24
3.2.1. Rocas Hipabisales.	24
3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL:	27
3.4. GEOLOGIA ECONOMICA:	29
3.4.1. Aspecto metalogenetico.	29
3.4.2. Tipo de yacimiento.	29
3.4.3. Mineralización.	29
<b>CAPITULO IV: ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS, NIVELES DE PRODUCCION Y VIDA DE LA MINA</b>	<b>32</b>
4.1. ESTIMACION DE RECURSOS:	33
4.1.1. Recurso Mineral Medido.	33
4.1.2. Recurso Mineral Indicado.	34
4.1.3. Recurso Mineral Inferido.	34
4.2. ESTIMACION DE RESERVAS:	34
4.2.1. Reserva Mineral Probada.	34
4.2.2. Reserva Mineral Probable.	35
4.3. NIVEL DE PRODUCCION Y VIDA DE LA MINA:	36
<b>CAPITULO V: ESTUDIOS GEOMECANICOS</b>	<b>38</b>
5.1. CONSIDERACIONES GENERALES:	38
5.1.1. Modelo Geologico.	39

5.2. MODELO GEOMECANICO:	40
5.2.1. Clasificación del macizo rocoso.	40
5.2.2. Representación estereográfica de las discontinuidades.	45
5.2.3. Direccion preferencial del avance de la excavacion	46
5.3. SELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION:	48
<b>CAPITULO VI: MINERIA</b>	<b>50</b>
6.1. DESCRIPCION DE LAS ETAPAS EN OPERACION MINA:	50
6.2. TIPOS DE LABORES MINERAS:	50
6.2.1. Cortadas y galerias.	50
6.2.2. Chimeneas.	52
6.2.3. Subniveles.	53
6.2.4. Tajos.	54
<b>CAPITULO VII: VENTILACION</b>	<b>59</b>
7.1. DISEÑO DE VENTILACION:	59
7.1.1. Ventilación de Galerías y Cruceros.	59
7.1.2. Ventilación de Chimeneas.	59
7.1.3. Ventilación de Tajos de Explotación.	60
7.2. CALCULO DE CAUDAL DE AIRE REQUERIDO:	61
<b>CAPITULO VIII: SERVICIOS AUXILIARES</b>	<b>63</b>
8.1. DESCRIPCION DE EQUIPOS:	63
8.1.1. Palas neumáticas.	63
8.1.2. Locomotoras.	64
8.1.3. Winches de izaje.	64

8.1.4. Winches de arrastre.	64
8.1.5. Grupos electrógenos.	65
8.1.6. Compresoras.	65
8.1.7. Ventiladores.	65
8.1.8. Otros.	66
<b>CAPITULO IX: PLANEAMIENTO MINERO</b>	<b>67</b>
9.1. RESUMEN DEL PROGRAMA DE OPERACIONES DEL AÑO 2012:	69
9.2. RESUMEN DEL PROGRAMA DE OPERACIONES DEL AÑO 2013:	70
9.3. PLANOS:	71
<b>CAPITULO X: PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL</b>	<b>77</b>
10.1. ESQUEMA DEL PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL:	78
10.2. ESQUEMA DEL PROCESO DE PLANTA BELEN:	79
<b>CAPITULO XI: EVALUACION ECONOMICA</b>	<b>80</b>
11.1. INGRESOS, COSTOS, INVERSIONES Y MARGEN DESPUES DE INVERSION 2012:	81
11.2. INGRESOS, COSTOS, INVERSIONES Y MARGEN DESPUES DE INVERSION 2013:	83
11.3. INGRESOS, COSTOS, INVERSIONES Y MARGEN DESPUES DE INVERSION 2014:	85
11.4. VAN DEL PROYECTO:	87
11.5. SENSIBILIDAD:	88
<b>CAPITULO XII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>90</b>
12.1. CONCLUSIONES:	90
12.2. RECOMENDACIONES:	91
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>92</b>

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro N° 01: Evolución de las operaciones en mina Esperanza (Fuente: Administración - mina Esperanza)	17
Cuadro N° 02: Ruta de acceso a la mina (Fuente: Geología - mina Esperanza)	18
Cuadro N° 03: Ubicación del derecho minero "Esperanza de Caravelí" (Fuente: Geología - mina Esperanza)	20
Cuadro N° 04: Inventario de vetas (Fuente: Geología – mina Esperanza)	30
Cuadro N° 05: Estimación actual de reservas de mina Esperanza (Fuente: Geología – mina Esperanza)	32
Cuadro N° 06: Estimación de Recursos Minerales (Fuente: Autor)	34
Cuadro N° 07: Estimación de Reservas de Mena (Fuente: Autor)	35
Cuadro N° 08: Criterios para la selección del método de explotación (Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)	48
Cuadro N° 09: Requerimiento de aire fresco en la zona Aurora (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	61
Cuadro N° 10: Requerimiento de aire fresco en la zona Gisela (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	62
Cuadro N° 11: Consumo diario de aire, agua y energía eléctrica (Fuente: Autor)	63
Cuadro N° 12: Resumen del programa de operación – 2012 (Fuente: Autor)	69
Cuadro N° 13: Resumen del programa de operación – 2013 (Fuente: Autor)	70
Cuadro N° 14: Tipo de costos (Fuente: Autor)	80
Cuadro N° 15: Ingresos, costos e inversión – 2012(Fuente: Autor)	81
Cuadro N° 16: Ingresos, costos e inversión – 2013 (Fuente: Autor)	83
Cuadro N° 17: Ingresos, costos e inversión – 2014 (Fuente: Autor)	85
Cuadro N° 18: Valor actual neto (VAN) del proyecto (Fuente: Autor)	87
Cuadro N° 19: Valor actual neto (VAN) con las diversas variantes (Fuente: Autor)	87

**INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración N° 01: Terminología y relación entre la información de exploración, Recursos y Reservas Minerales (Fuente: Australasian code for reporting of identified mineral resources and ore reserves, “The Jorc Code (2004)”) )	33
--	----

Ilustración N° 02: Cartilla geomecánica (Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)	41
Ilustración N° 03: Zonificación del Macizo rocoso (Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)	45
Ilustración N° 04: Diagrama estereográfico compósito de contornos (Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)	45
Ilustración N° 05: Diagrama estereográfico compuesto de círculos máximos (Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)	46
Ilustración N° 06: Condiciones favorables para la estabilidad de la excavación (Fuente: Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea – SNMPE)	47
Ilustración N° 07: Condiciones desfavorables para la estabilidad de la excavación (Fuente: Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea – SNMPE)	47
Ilustración N° 08: Ciclo de trabajo en Cortadas y Galerías (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	51
Ilustración N° 09: Ciclo de trabajo en chimeneas Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	53
Ilustración N° 10: Ciclo de trabajo en Subniveles (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	54
Ilustración N° 11: Ciclo de trabajo en Tajos (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	56
Ilustración N° 12: “Corte y Relleno Ascendente Convencional”, “Over Cut and Fill” (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)	58
Ilustración N° 13: Esquema de ventilación (Fuente: Autor)	60
Ilustración N° 14: Esquema del proceso productivo integral (Fuente: Autor)	78
Ilustración N° 15: Esquema del proceso en la planta de beneficio (Planta Belén) (Fuente: Autor)	79
Ilustración N° 16: Grafico de sensibilidad mediante análisis unidimensional (Fuente: Autor)	88

## INDICE DE PLANOS

Plano N° 01: Ubicación geográfica de la mina Esperanza de Caravelí(Fuente: Geología – mina Esperanza)	19
Plano N° 02: Geología regional (fuente: Ingemmet)	26

Plano N° 03: Modelo geológico estructural del yacimiento (Fuente: Geología – mina Esperanza)	28
Plano N° 04: Plano geológico compósito mina Esperanza (Fuente: Geología – mina Esperanza)	31
Plano N° 05: Plano Prospectivo Geofísico de mina Esperanza (Fuente: Geología – mina Esperanza)	71
Plano N° 06: Plano de exploraciones diamantinas en mina Esperanza (Fuente: Geología – mina Esperanza)	72
Plano N° 07: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Aurora (Fuente: Geología – mina Esperanza)	73
Plano N° 08: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Gisela (Fuente: Geología – mina Esperanza)	74
Plano N° 09: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Carmen (Fuente: Geología – mina Esperanza)	75
Plano N° 10: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Dulce (Fuente: Geología – mina Esperanza)	76



## CAPITULO I

### INTRODUCCION

El desarrollo de la presente tesis está enfocado en la unidad minera Esperanza de Caravelí, la cual pertenece a la empresa minera Titán del Perú S.R.L. Se trata de una mina subterránea de vetas angostas (0.3-0.8 m) que produce oro y cobre, ubicada en la zona sur del Perú.

En este escenario se lleva a cabo un plan operativo-económico a mediano plazo, incluyendo: geología, geomecánica, método de minado, servicios auxiliares y ventilación, lo cual permitirá el análisis sobre las ventas, costos e inversiones; no solo mostrara de manera aplicativa los conocimientos adquiridos en las aulas universitarias, sino que también constituirá una de las herramientas principales en la toma de decisiones de la empresa en cuanto al proyecto planteado.

Se plantea aumentar la producción de mineral de 4, 500 toneladas al mes a 6, 000 toneladas al mes, aprovechando que se cuenta con una planta con capacidad instalada y autorizada para tratar 6, 000 toneladas de mineral al mes, y además se tienen 17 vetas con contenidos importantes de oro y cobre. De esta manera se quiere evitar el mineral de acopio para cubrir toda la capacidad de la planta como actualmente sucede, y procurar cubrir dicho requerimiento con mineral propio en su totalidad, se busca de esta manera aprovechar el contexto favorable actual por el que pasan los metales involucrados en este proceso productivo integral (Au, Cu).

#### 1.1. ANTECEDENTES:

La unidad minera Esperanza de Caravelí ha presentado desde el inicio y a lo largo de estos años la siguiente evolución:

EVOLUCION DE OPERACIONES MINA ESPERANZA	
2006	A fines de año se inicia prospección e instalaciones.
2007	Inicio exploraciones con 82 trabajadores.
2008	Exploraciones evidencian yacimiento de oro y cobre.
	Inicia proceso productivo para generar caja y construir planta, mecanismo warrant.
	Se inicia construcción planta flotación, mes de octubre.
2009	En Agosto inicia tratamiento planta flotación.
	Se inicia producción mineral a razón de 2, 000 TM x mes.
2010	Se incrementa producción de mineral a 3, 000TM x mes.
2011	Esta en proceso incremento producción a 4, 500 TM x mes.
	Se incrementa capacidad de planta a 6, 000 TM x mes.

Cuadro N° 01: Evolución de las operaciones en mina Esperanza  
 (Fuente: Administración-mina Esperanza)

## 1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES:

### 1.2.1. Objetivos.

A continuación se detallan los objetivos que se desean alcanzar con el desarrollo de la presente tesis.

#### 1.2.1.1. Objetivo general.

El propósito general de este trabajo es desarrollar y dar a conocer un modelo que sirva como guía, y que comprende un plan operativo-económico a mediano plazo para una mina aurífera subterránea de vetas angostas.

#### 1.2.1.2. Objetivos específicos.

- Presentar y detallar cada una de las etapas que comprende el plan operativo-económico: geología, geomecánica, método de minado, servicios auxiliares, ventilación, costos e inversiones.
- Planificar el aumento de producción planteado, asimismo obtener los ingresos por venta de mineral bajo un determinado escenario.
- Conocer las variables económicas presentes en el negocio minero y el efecto que tiene cada una de ellas (costos, inversión, precio del metal).

## CAPITULO II

## GENERALIDADES

**2.1. UBICACION:**

La mina se encuentra en la faja litoral que comprende la cadena costanera, con una altura promedio de 1, 940 m.s.n.m., políticamente está ubicada en el paraje Cebadilla, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa.

**2.2. ACCESIBILIDAD:**

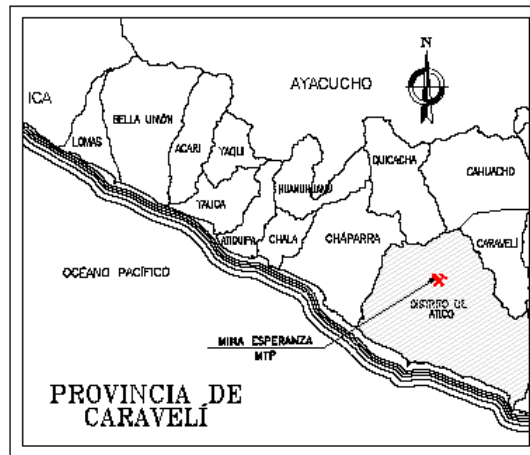
El acceso desde Lima se realiza según el siguiente itinerario:

LUGAR	DISTANCIA (km)	TIPO	TIEMPO (H)
Lima - Chala	620	Carretera asfaltada	8
Chala - Atico	82	Carretera asfaltada	1
Atico – Km 40	40	carretera asfaltada y afirmada	1
Km 40 - Mina	34	Trocha carrozable	2
Total	776 Km		12 horas

Cuadro N° 02: Ruta de acceso a la mina  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)



MAPA DE UBICACIÓN



PLANO DE UBICACIÓN



Distrito Atico  
Provincia Caravelí  
Departamento  
Arequipa

<b>BCP</b>		MINERA TITAN DEL PERU S.R.L.		Página 02
		UNIDAD MINERA ESPERANZA		
		PLANO UBICACION		02
		MINA ESPERANZA		
Elaborado	Revisado	Aprobado	Fecha	

Plano N° 01: Ubicación geográfica de la mina Esperanza de Caravelí  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)

### 2.3. PROPIEDAD MINERA:

La mina está ubicada en la zona 32-O de Chaparra, conformada por 08 concesiones totalizando 5, 800 Has.

Las coordenadas son las siguientes:

Vértices	Coordenadas UTM	
	Norte	Este
1	8244000	646000
2	8244000	641000
3	8242000	641000
4	8242000	646000

Cuadro N° 03: Ubicación del derecho minero "Esperanza de Caravelí"  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)

### 2.4. FISIOGRAFIA:

El paisaje está constituido por cerros aislados y sin vegetación alguna. La zona Noroeste del proyecto presenta un relieve plano a ondulado con pendientes moderadas hasta un 15% y en el Sureste se aprecian pendientes ligeramente mayores, predominando materiales fragmentados y rocosos. De acuerdo a la zona circundante del área de estudio podemos apreciar que se encuentra en una altiplanicie costera.

### 2.5. CLIMA:

El clima es seco, desértico, con algunas hierbas presentes en las quebradas y que solo aparecen en la época de lluvias.

Solo se observan dos estaciones, de Noviembre a Abril, las temperaturas llegan en el día a 30° y en las noches a 12°, presentando escasas lluvias y vientos alisios provenientes del mar. La precipitación registrada en la zona es casi de 0.10 Lts/m<sup>2</sup>. Y de Mayo a Octubre el clima es más seco, con vientos fríos en las noches provenientes de las partes altas, las temperaturas en el día llegan a 25° y en las noches llegan a 05°C.

## **2.6. VEGETACION:**

La vegetación es incipiente, con la presencia esporádica de cactus y algunas plantas de arbusto pequeño en la parte de las quebradas, el resto es terreno seco y árido.

## **2.7. DRENAJE:**

En la mina Esperanza de Caravelí no se genera agua subterránea, por ser una zona árida y seca, la escasa agua que se genera luego de la perforación se emplea en el regado de las labores y en la carga de mineral y/o desmonte; después de la voladura.

## **2.8. TOPOGRAFIA:**

La topografía presente en la zona es de planicie costanera, de aspecto desértico, con pequeñas lomadas y quebradas no muy profundas, los valles que se presentan son en U (quebrada de Atico) y al norte la quebrada Cortaderas. Las operaciones mineras se desarrollan en las cotas (1 740-1 940) m.s.n.m.

## **2.9. RECURSOS:**

### **2.9.1. Recursos hídricos.**

En la mina no contamos con agua, toda el agua se trae en bolsas de 08 m<sup>3</sup> desde la localidad de Atico en los volquetes que dejan mineral hacia la planta, tanto para consumo humano así como las operaciones de la mina (Atico – mina: 74 Km). El requerimiento total de agua es aproximadamente de 11 m<sup>3</sup> de agua al día.

### **2.9.2. Aire comprimido.**

En la mina actualmente se cuenta con 04 compresoras diesel: Una INGERSOLL RAND XP 750 DE 750 CFM, una INGERSOLL RAND 375 de 375 CFM, una INGERSOLL RAND 260 de 260 CFM, una ATLAS COPCO XAMS 1050 CD de 1050 CFM; y también una Compresora eléctrica ATLAS COPCO GA90 de 500



CFM. En total la capacidad de aire permite operar 12 máquinas perforadoras simultaneas y 04 palas neumáticas (consumo total de aire: 2 844 CFM).

### **2.9.3. Energía eléctrica.**

Se cuenta en la actualidad con 04 grupos electrógenos: Volvo de 230 KW, Wilson de 220 KW, dos Modasa de 37 KW y 75 KW, esto para manejar los winches, compresora eléctrica, así como para los campamentos, casa de lámparas, otros; que en total suman un requerimiento de energía eléctrica de 370 KW.

### **2.9.4. Recursos humanos.**

En la actualidad se cuenta con una fuerza laboral aproximada de 400 Trabajadores; entre maestros, ayudantes y peones, casi todos provenientes de Cuzco y Arequipa.

También se cuenta con 70 empleados, quienes conforman las áreas de administración, logística, ingeniería, geología y centro médico.

### **2.9.5. Insumos.**

La compañía cuenta con el EIA correspondiente y el COM (certificado de operación minera), para la compra de explosivos a nivel de producción.

## CAPITULO III

### GEOLOGIA

#### 3.1. GEOLOGIA LOCAL:

La unidad minera aurífera Esperanza de Caravelí se ubica a 776 Kms. de la ciudad de Lima, al SE- de la ciudad de Chala, en el paraje Cebadilla, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, a una altura media de 1, 940 m.s.n.m., y se encuentra en la Carta 32-O. Está compuesta por 08 concesiones mineras que abarcan un área de 5, 800 hectáreas. *(Incluye las áreas de protección)*

Regionalmente la mina está dentro de una faja de cobre-oro, que sigue un alineamiento Este-Oeste y en ella se encuentran yacimientos de oro de mediana y pequeña escala como Ocoña, Calpa, Caravelí, Ishihuinca, Orión, Eugenia, Posco, y otros. Esta faja forma parte del cinturón aurífero Nazca-Ocoña. La mina Esperanza se sitúa en la parte central de la faja y su potencial corresponde a un yacimiento de mediana escala minera.

La geología del área está conformada por vetas delgadas y medianas (potencia entre 0.15 y 0.80 metros) emplazadas dentro del paquete intrusivo del Batolito de la costa peruana. Este paquete intrusivo tiene sus respectivas variaciones que van desde intrusivos faneríticos como granodioritas, dioritas de grano medio y paquetes sub-volcánicos con pórfidos andesíticos.

Es un yacimiento epitermal de baja sulfuración con alcance mesotermal; emplazadas en rocas intrusivas a sub-volcánicas. El potencial aurífero de cada veta es variable debido a la irregularidad de leyes. El promedio de leyes en las vetas oscila de 05 a 25 gr/ton.

La característica principal de las vetas es la formación de cimoides de pequeño y gran tamaño con estructuras menores como tensionales del modelo. Otra característica importante son las aureolas de alteración propílica e intensa cloritización en las cajas cercanas a las vetas y aureolas de alteración mayores en las intersecciones de los cimoides.

### 3.2. GEOLOGIA REGIONAL:

En el área de la mina las rocas predominantes son volcánicas e hipabisales de composición andesítica pertenecientes al complejo Bella Unión (Cretáceo medio), también se presentan rocas intrusivas de composición diorítica y monzonitas de grano medio a fino.

Sobre yaciendo a las rocas del complejo Bella Unión se encuentra la formación Moquegua con tobas dacíticas-riolíticas de la formación Huaylillas (Terciario Superior). Al sur de las concesiones afloran rocas sedimentarias de la formación Millo (Terciario Superior), estas rocas cubren a las rocas del complejo Bella Unión, que son las que hospedan a la mineralización, por lo que es posible que otras vetas paralelas a las vetas Carmen y Esperanza puedan encontrarse encapadas.

#### 3.2.1. Rocas Hipabisales.

##### Complejo Basal Bella Unión:

Denominado por J Caldas (1978), se trata de rocas no diferenciadas, al ser tan variables en composición, pero de naturaleza andesítica a dacítica, intruida por plutones menores de andesita a dacita con diques de naturaleza andesíticas.

Se tratan de rocas sub volcánicas, del cretáceo superior, que se ha intruido casi con la misma edad de las rocas del batolito (superunidadLinga).

En el proyecto la roca predominante es de composición (Andesita) de textura porfírica grano grueso a medio llegando a fino en algunos sectores del denuncia. Así como también tenemos presencia de Sienita a manera de intrusivos menores. Esta roca sirve como roca huésped a la mineralización presente en la zona.

**Andesita:** Roca ígnea volcánica (intermedia) de textura afanítica generalmente de color verde, pudiendo variar de rojizas a otros colores, según la alteración.

Presentando como minerales esenciales: Plagioclasa, ferro magnesianos y con un cuarzo que se presenta en mínimas cantidades (10%). Estas rocas se presentan generalmente al este de la concesión.

**Sienita:** Roca ígnea plutónica de color blanco, textura granular presentando como minerales esenciales: Feldespatos (ortosa y plagioclasa), anfíboles (horblenda), accesorios como piroxenos además de pocas cantidades de cuarzo y mayor

porcentaje de biotitas que presentan una fuerte cloritización y diabasas porfíricas de grano medio grises a verdosos. Se presenta muy pegada hacia la veta Aurora, al norte del campamento.

**Diques Andesíticos:** Por el alrededor de la veta Aurora encontramos enjambre de diques andesíticos y apliticos de rumbo NE a SW de anchos de hasta 0.50m a 02m, con diseminación de pirita. Fina muy localizada hacia las cajas.

**Stocks Dioríticos:** Está formado por roca grises moteadas, de grano muy grueso, compuesto principalmente por plagioclasa, con abundantes fenocristales (horblenda bien desarrolladas y biotitas), estas ocurren al sur de la concesión, muy pegado hacia la veta Carmen y se orienta hacia la veta Esperanza este, estos diques han sido intruidos muy posterior a la mineralización debido a que no afecta en nada su intrusión.

**Monzonitas:** Se encuentran al oeste de la concesión, son rocas de grano medio a fino con abundante ortosa, plagioclasa y cuarzo con pocos fenocristales, presenta un color gris claro a rosáceo, tiene una edad cretáceo superior.

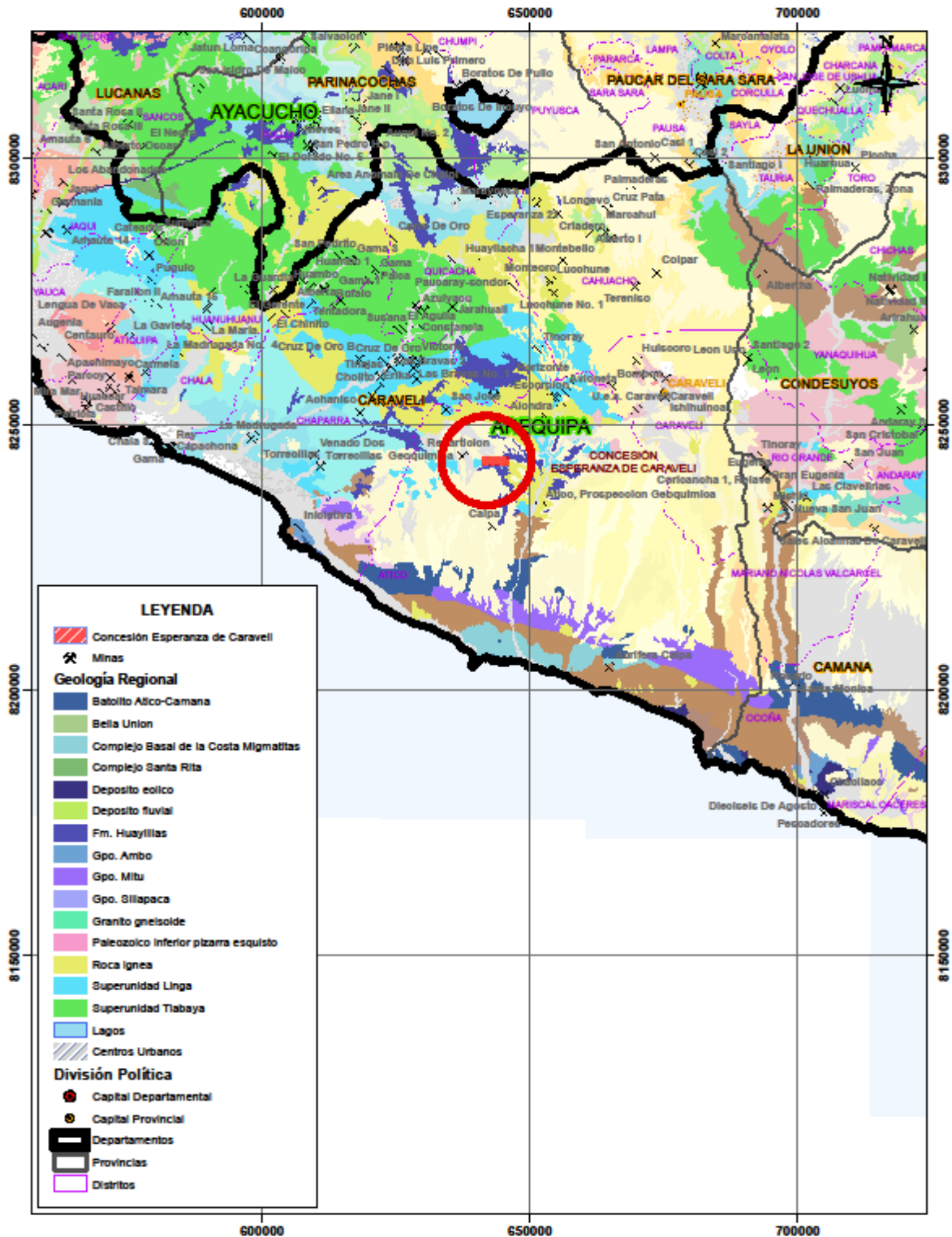
#### **Formación Moquegua:**

Se describe con este nombre a afloramientos de depósitos continentales en la quebrada Millo, están formados por rodados de cuarcitas y calizas en una matriz arenosa-tobacea, sobre yace al complejo Bella Unión, en la quebrada Pan de azúcar tiene un afloramiento de 400 m y los elementos están redondeados a sub-redondeados. Es de edad Neógeno-Miocena, en la zona afloran en todo el petitorio minero, ocultando gran parte de las vetas mineralizadas.

#### **Formación Huaylillas:**

Se presenta al NE de la concesión, está formada por una secuencia piroclástica. Son rocas volcánicas, ignimbritas de color rosado claro, siendo clasificadas como riolitas, riodacitas y andesititas.

Esta descansa en discordancia sobre la formación Moquegua, se presenta en forma de horizontes de 10 m y 200 m. Presenta una edad Neógeno Miocena.



Plano N° 02: Geología regional  
(Fuente: Ingemmet)



### 3.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL:

Por los alrededores de la mina pasa una falla regional denominada LOS MEDANOS, de rumbo N80W y más hacia el W a N50W, esta falla sirve como control de mineralización, formando a su vez fallas de rumbo E-W, asimismo ejercen un control en su deposición (fallas inversas), con buzamiento muy sinuoso hacia el norte y sur, cuando se inclina hacia el sur no son favorables para la mineralización y cuando se inclinan hacia el norte son muy favorables.

Todas estas estructuras estarían controladas por tres grandes estructuras de rumbos NNW-SSE y buzamientos de 60° al SW, de estas grandes estructuras mineralizadas se están desprendiendo estructuras de segundo orden de rumbos casi E-EW y buzamientos subverticales.

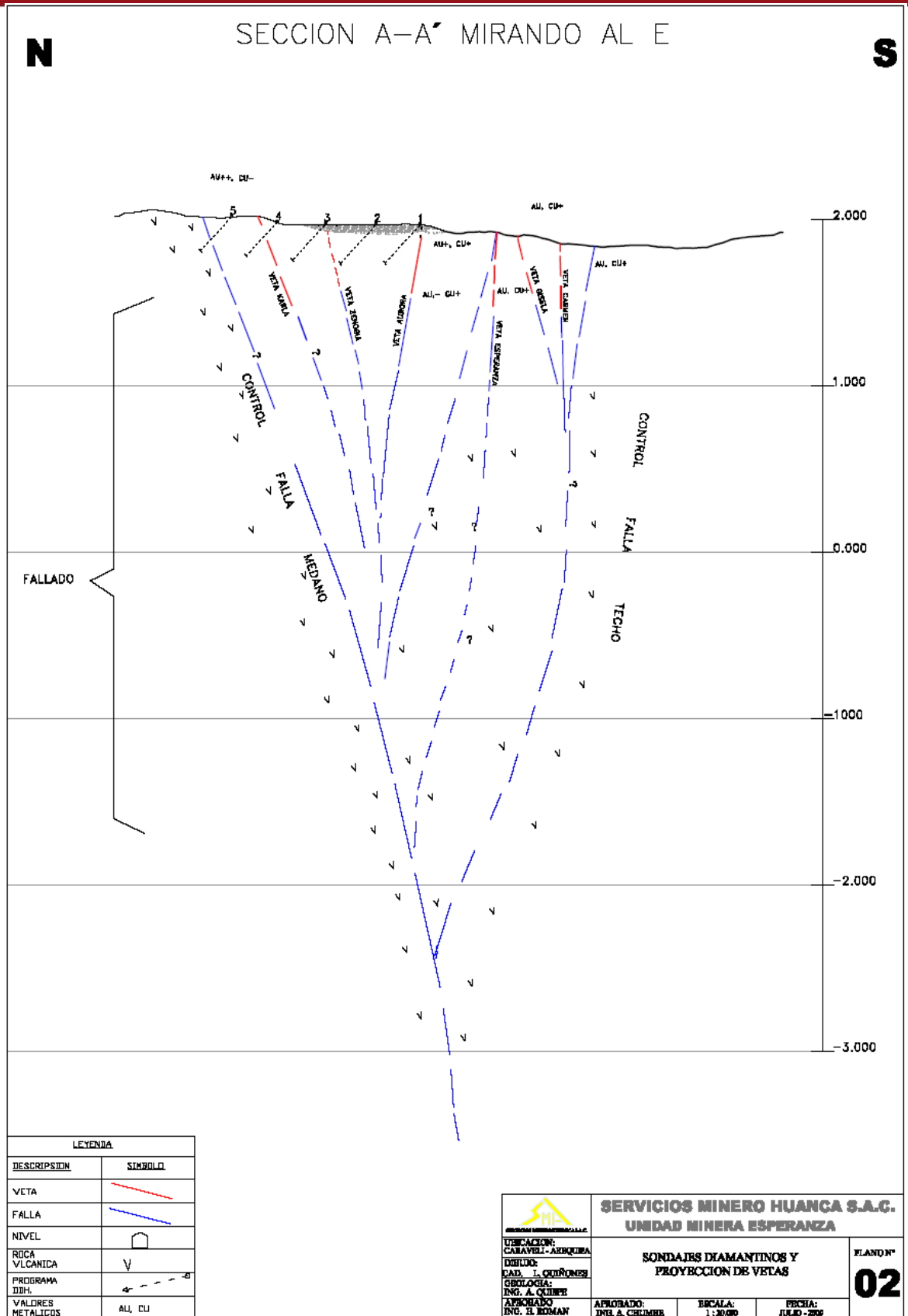
En general las zonas mineralizadas están controladas por esfuerzos principales de compresión tanto en vertical como en longitudinal, asimismo ocurren fallas de un segundo orden de rumbos N-S que provocan desplazamientos gravitacionales, generalmente dextrales.

Las estructuras y fracturamientos están fuertemente asociados con la dirección del emplazamiento del Batolito en el área E-O y NO-SE principalmente, los cuales están relacionados con los movimientos tectónicos del ciclo andino. Asimismo, por fotointerpretación del distrito se visualiza zonas de debilidad de dirección NO.

Otra característica importante es la presencia de la falla denominada Graben Pan de Azúcar, la cual tiene dirección E-O. Este Graben se desarrolló durante la “Fase Quechua”.

Tal como apreciamos existe una asociación entre el conjunto estructural y el emplazamiento de la mineralización, por lo que en futuras exploraciones debe de tomarse en cuenta para la localización de otras estructuras favorables.





Plano N° 03: Modelo geológico estructural del yacimiento  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)

### **3.4. GEOLOGIA ECONOMICA:**

#### **3.4.1. Aspecto metalogenético.**

Regionalmente la mina forma parte de una faja cobre-oro, que sigue un alineamiento Este-Oeste y con ella se encuentran yacimientos de oro de mediana escala como Ocoña, Champune, Calpa, Caraveli e Ishihuinca. En la faja ocurren numerosos depósitos de pequeña escala como Esperanza del Inca, Orión, Eugenia, Posco, Clavelinas, Torrecillas, 04 horas, todo el valle de Chaparra con abundantes trabajos de labores informales. Esta faja forma parte del cinturón aurífero Nazca-Ocoña. La mina Esperanza se sitúa en la parte central de la faja y su potencial aún no se conoce, ya que toda el área se encuentra cubierta por material aluvial. Por el momento es una mina de escala pequeña minera; que apunta a crecer.

#### **3.4.2. Tipo de yacimiento.**

La mineralización está en vetas epitermales de baja sulfuración (adularia-sericita), Esperanza se encontraría en los niveles altos del sistema. Las principales alteraciones hidrotermales que afectan a las rocas encajonantes son la propilitica (clorita, epidota, calcita) y la argilica (caolinita). Las vetas destacan por su contenido de oro y cobre, con valores subordinados de plata. A su vez se encuentran vetas del tipo cuarzo sericita con alto contenido de oro (veta Karla, Noelia).

#### **3.4.3. Mineralización.**

La mineralogía de las vetas está constituida por minerales de cobre como: Calcosina, calcopirita, covelina, cuprita, malaquita y crisocola. El oro se encuentra en estado nativo y como inclusiones en la piritita y la cuprita. Los minerales de ganga son: Cuarzo, calcita, yeso, piritita, óxido de manganeso, limonita, hematita y oligisto.

En Esperanza las vetas tienen los siguientes ensambles mineralógicos:

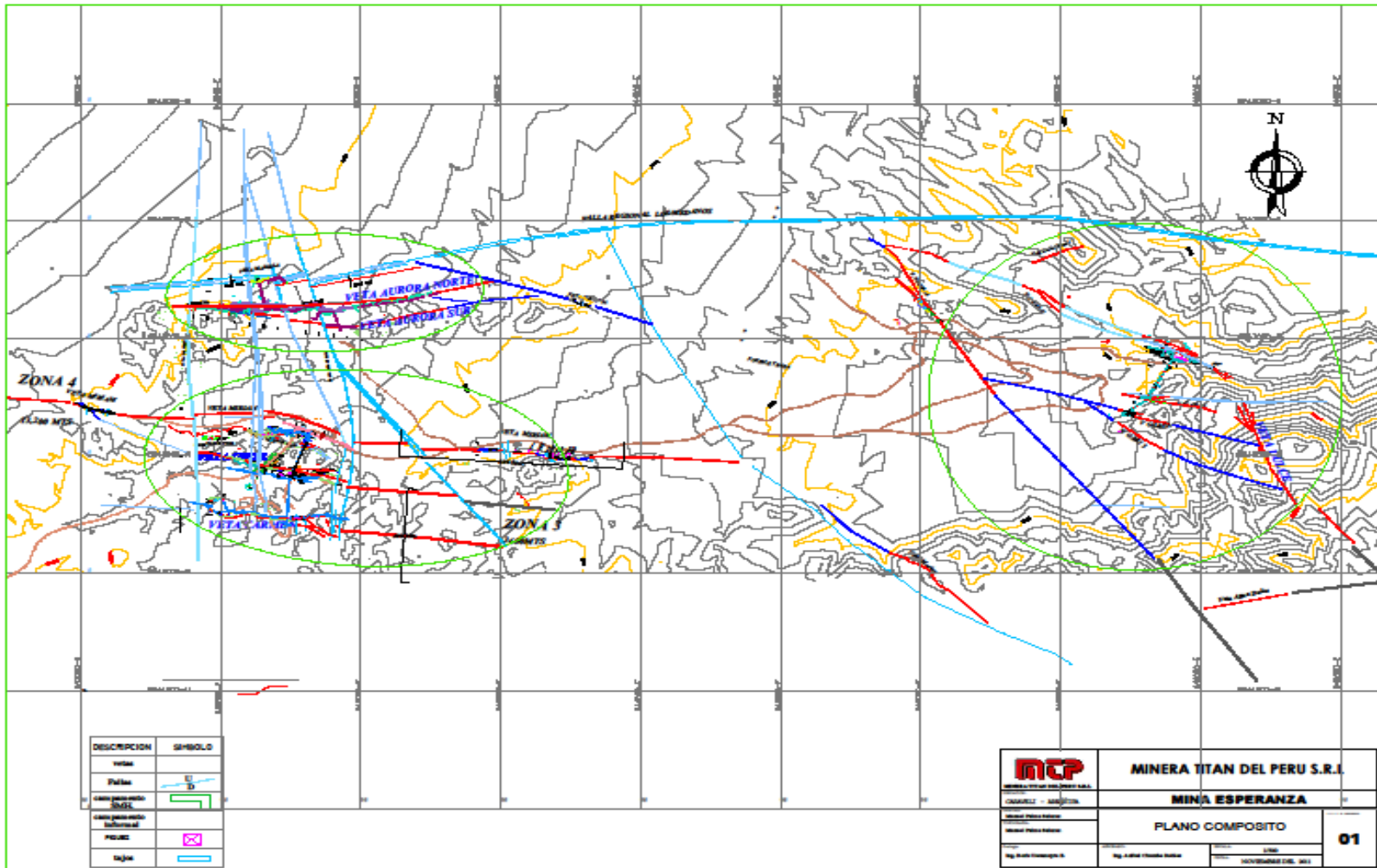
1. Óxido de hierro, limpio, con contenido de oro para ser tratado por cianuración.
2. Mineral con óxidos de hierro y cobre con contenido de oro.
3. Mineral con sulfuros de cobre con contenido de oro.

En superficie las vetas destacan por su alto contenido en óxidos de hierro y cobre y a medida que se profundiza la presencia de sulfuros se incrementa, en términos generales la mineralización en las labores mineras es mixta, una combinación casi en proporciones similares de óxidos y sulfuros.

A profundidades de 50 m (veta Aurora) y 65 m (veta Gisela) se observan altas concentraciones de calcosina y covelina, minerales característicos de las zonas de enriquecimiento secundario, en la mayoría de los casos estas altas concentraciones de cobre (>10 %) van acompañada con altos valores de oro (>1 onza). El laboreo desarrollado hasta el momento no ha llegado al límite en profundidad de la zona de oxidación y enriquecimiento; como es típico en estos yacimientos en niveles más profundos encontraremos la zona primaria (sulfuros).

INVENTARIO DE VETAS						
Zona	Veta	Long. Rec. (m)	Azimut/Buz.	Pot. Prom. (m)	Mineral	Estado
GISELA	Carmen	500	275/83°NE	0.52	Au+, Cu+	Trabajando
	Carminia	50	278°/75°SW	0.52	Au, Cu+	Exploración
	Carolina	20	278°/75°SW	0.52	Au, Cu+	Inactiva
	Gisela	550	280°/70°SW	0.52	Au, Cu+	Trabajando
	Esperanza	300	280°/70°SW	0.52	Au, Cu+	Trabajando
	Miriam	300	287°/60°SW	0.52	Au+, Cu+	Exploración
AURORA	Aurora Sur	150	80°/80°NW	0.52	Au+, Cu+	Exploración
	Aurora	800	285°/85°SW	0.52	Au, Cu+	Trabajando
	Mariela	350	330°/80°SW	0.52	Au, Cu+	Exploración
	Zenobia	100	295°/70°SW	0.52	Au+, Cu+	Inactiva
COILA	Karla: Ramal 1	250	70°/70°SE	0.52	Au	Exploración
	Nohelia	300	80°/80°SW	0.52	Au	Exploración
	Gaby 1	150	290°/80°SW	0.52	Au	Exploración
	Gaby 2	70	292°/82°NE	0.52	Au	Exploración
	Dulce	55	330°/82°NE	0.52	Au	Exploración
	Agua dulce	130	280°/80°SW	0.52	Au	Inactiva
	Mary	140	300°/80°SW	0.52	Au	Inactiva

Cuadro N° 04: Inventario de vetas  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)



Plano N° 04: Plano geológico compósito mina Esperanza

(Fuente: Geología – mina Esperanza)

## CAPITULO IV

 ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS, NIVELES DE PRODUCCION Y  
VIDA DE LA MINA

Para la estimación de **Reservas de Mena y Recursos Minerales**, primero se ha revisado la información existente en antiguos planos geológicos y de muestreo de diferentes vetas y niveles, (veta Aurora, veta Gisela, veta Carmen, veta Dulce). Posteriormente se ha dado a la cubicación la forma de estimación de Recursos y Reservas según el código JORC.

ZONAS	RESERVAS MINABLES			MINERAL POTENCIAL		
	Mineral Accesible + Event Accesible.			TMS	Au	Cu
	TMS	Au Grs/tm	Cu %		Grs/tm	%
ZONA AURORA	18,944	7.04	1.32	43,760	6.58	1.29
ZONA GISELA	23,027	4.96	2.21	21,613	4.72	2.50
ZONA COILA	1,180	7.22	0.59	4,210	8.52	0.59
<b>TOTAL</b>	<b>43,151</b>	<b>6.08</b>	<b>1.81</b>	<b>69,583</b>	<b>4.72</b>	<b>1.59</b>

Cuadro N°05: Estimación actual de reservas de mina Esperanza  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)

Para la estimación de **Reservas de Mena y Recursos Minerales Medidos** se han re-muestreado ambas zonas y corroborado los bloques de mineral cubicados que aparecen en los informes antiguos, asimismo los blocks de mineral que no están verificados se están considerando como **Recursos Minerales Indicados**; y la proyección hacia los niveles inferiores inmediatos de las vetas explotadas, que necesariamente se tendrán que comprobar con labores de exploración, se han considerado como **Recursos Minerales Inferidos**.

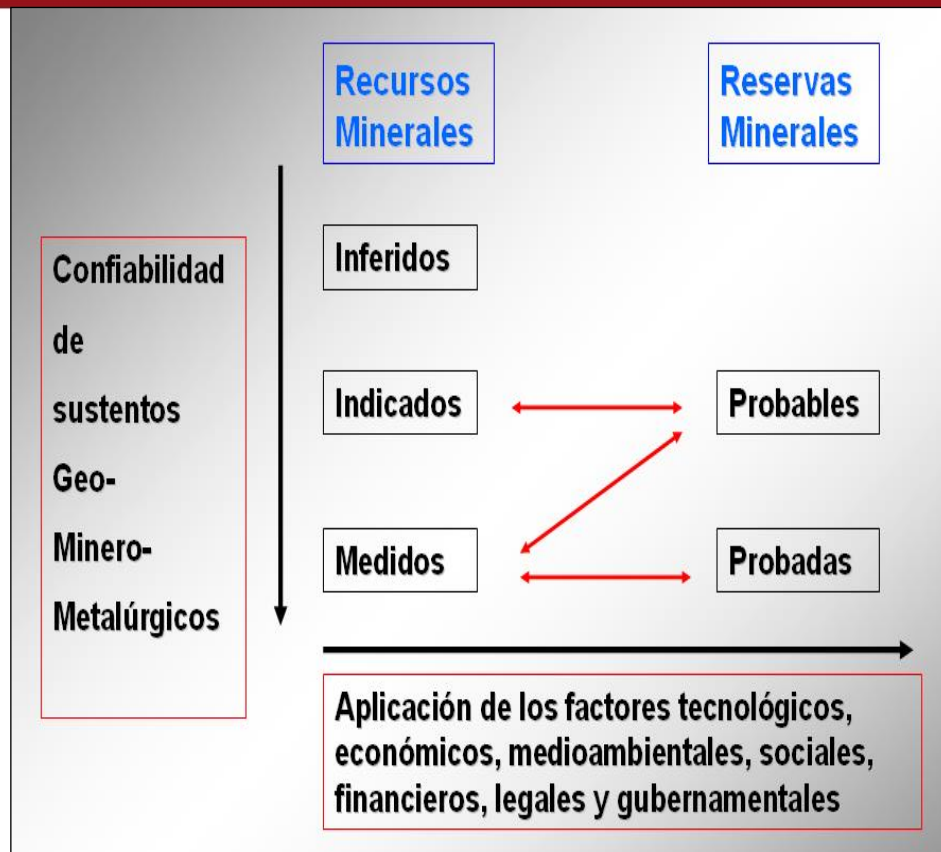


Ilustración N° 01: Terminología y relación entre la información de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena (Fuente: Australasian code for reporting of identified mineral resources and ore reserves, "The Jorc Code (2004)")

#### 4.1. ESTIMACION DE RECURSOS:

##### 4.1.1. Recurso Mineral Medido.

Parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza, su tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en exploración detallada y confiable, información sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas, de afloramientos, zanjas, tajos, túneles, laboreos y sondajes, las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y de leyes. Esta categoría requiere un alto nivel de confianza en el entendimiento de la geología y controles del yacimiento, la confianza en la estimación es suficiente para permitir la aplicación apropiada de parámetros técnicos y económicos y para permitir una evaluación de la viabilidad económica.



#### 4.1.2. Recurso Mineral Indicado.

Parte de un recurso cuyo tonelaje, morfología, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza medianamente razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, pozos, labores mineras, beneficios y taladros; no obstante, los lugares están demasiado distantes o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero si lo suficientemente cercanos para asumirlas. La confianza en el estimado resulta suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad económica.

#### 4.1.3. Recurso Mineral Inferido.

Parte de un recurso cuyo tonelaje, leyes y contenidos minerales pueden estimarse con un bajo nivel de confianza, resulta inferido a partir de evidencias geológicas y/o leyes asumidas por muestreos superficiales pero no verificadas en profundidad. La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos o realizar una evaluación económica de pre-factibilidad que merezca darse a conocer al público.

Según código JORC.

Estimación de Recursos Minerales						
Clasificación	Toneladas	Au (g/t)	Cu (%)	Eq - Au (g/t)	Potencia (m)	Onzas Eq - Au
Medido	19,875.92	7.78	2.28	11.10	0.40	7,095.57
Indicado	37,583.71	5.94	2.27	9.25	0.48	11,176.82
<b>Total de Recursos (*)</b>	<b>57,459.63</b>	<b>6.57</b>	<b>2.27</b>	<b>9.89</b>	<b>0.46</b>	<b>18,272.39</b>

(\*) Son adicionales a la Reservas de Mena

Recurso Inferido	37,697.00	4.28	1.18	6.00	0.47	7,272.57
------------------	-----------	------	------	------	------	----------

Cuadro N° 06: Estimación de Recursos Minerales  
(Fuente: Autor)

## 4.2. ESTIMACION DE RESERVAS:

### 4.2.1. Reserva Mineral Probada.

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido, Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el mineral. En esta etapa se han realizado evaluaciones apropiadas que

puedan incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración y modificación por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales.

#### 4.2.2. Reserva Mineral Probable.

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias del Recurso Mineral Medido, Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el mineral. En esta etapa se han realizado evaluaciones apropiadas que puedan incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración y modificación por factores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente. Una Reserva Mineral Probable tiene un nivel más bajo de confianza que una Reserva Mineral Probada.

Al 31 de Octubre del 2011

Estimación de Reservas de Mena						
Clasificación	Toneladas <sup>1</sup> _Dil	Au_Dil (g/t)	Cu_Dil (%)	Eq_AuDil (g/t)	PotDil (m)	Onzas Eq - Au
Probadas	28,409.12	5.22	1.58	7.53	0.59	6,873.16
Probables	15,470.81	5.11	1.74	7.64	0.62	3,799.82
<b>Total de Reservas</b>	<b>43,879.93</b>	<b>5.18</b>	<b>1.63</b>	<b>7.57</b>	<b>0.60</b>	<b>10,672.99</b>

Cuadro N° 07: Estimación de Reservas de Mena  
(Fuente: Autor)

Para obtener el cuadro anterior se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos:

#### DILUCION:

Se ha usado el cálculo de la dilución según O'Hara bajo los parámetros que se muestran a continuación y conforme un diseño tentativo para la unidad minera en mención.

Dilución =  $K / ((W)^{1/2} * \text{sen } a)$ , donde:

k : constante	20
w : potencia de veta (metros)	0.60
a : buzamiento veta	80°

## RECUPERACIONES METALURGICAS Y PRECIOS

A fin de llevar a cabo la estimación de Reservas de Mena se tomo las siguientes recuperaciones metalúrgicas y los siguientes precios de los metales involucrados:

- Recuperación metalúrgica:

Au: 88.35%

Cu: 79.86%

- Precio de los metales:

Au: 1500 \$/Oz

Cu: 3.5 \$/Lb

## CUT OFF

De acuerdo al balance de la unidad minera Esperanza de Caravelí se tiene un Cut off de 4.88 gr/ton, el cual nos sirvió para llevar a cabo la estimación de Reservas de Mena según el código Jorc.

La cantidad de Recursos de minerales que no paso a ser Reserva es de 95,156.63 toneladas, según dicho código.

### **4.3. NIVEL DE PRODUCCION Y VIDA DE LA MINA:**

Para llevar a cabo una aproximación de la vida de la mina tomaremos el volumen estimado de las reservas minables y el mineral potencial (usando la cubicación nominal de la unidad minera Esperanza de Caravelí).

Reservas minables:	43, 151 Tons
Mineral potencial:	69, 583 Tons.
Total:	112, 734 Tons.

Recuperando un 95% en mina, el volumen del mineral a obtener será:

$$0.95 \times 112, 734 \text{Tons.} = 107, 097.3 \text{Tons.}$$

El mineral de mina Esperanza es tratado por flotación en planta Belén, ubicada en Chala y propiedad de la misma empresa. El transporte es mediante volquetes, se

llega a la planta desde la mina en un aproximado de 04 horas, con un recorrido de 156 Km.

Esta planta posee una capacidad instalada para tratar 6, 000 Tons/Mes; por tanto, la aparente vida del yacimiento sería como sigue:

$$= 107, 097.3\text{Tons} / 6, 000 \text{Tons/Mes} = 17.85 \cong 18 \text{ meses, (1 año y medio).}$$

Es bueno mencionar que a medida que se avancen y profundicen las vetas Gisela y Carmen desde el nivel 1, 855, el potencial podría aumentar; debido a la longitud de dichas vetas. También cabe comentar que tal cual se muestra en el capítulo III (Geología) se tienen 09 vetas solo en exploración, fuera de las 04 vetas en las que se realizan actualmente los trabajos de exploración, explotación y extracción. Para dichos efectos se cuenta con dos empresas especializadas en el quehacer exploratorio, con máquinas perforadoras diamantinas; siendo el ratio de reposición de 1.90 Ton/Ton reserva, lo que significa que por cada tonelada extraída se está reponiendo 1.90 toneladas y el ratio de cubicación de 8.32 m/Ton reserva, lo que significa que por cada metro de avance se está cubicando 8.32 toneladas.

Esta aparente vida de mina tan corta es una constante en la minería aurífera de vetas angostas; por lo general se sigue esta política por la inversión adicional que significaría contar con reservas de más de 04 años (labores mineras y perforación diamantina). Lo cual le impone una alta relevancia a las actividades de exploración y planeamiento minero para mantener el negocio en marcha.

## CAPITULO V

### ESTUDIOS GEOMECHANICOS

#### 5.1. CONSIDERACIONES GENERALES:

Para determinar el comportamiento geomecánico en las labores subterráneas se desarrolla un mapeo estructural que nos permita identificar las posibles cuñas.

El tamaño y forma de las cuñas potenciales en la masa rocosa circundante a esta abertura dependen sobre todo del tamaño, forma y orientación de la abertura y también de la orientación de los sistemas de discontinuidades principales.

Para determinar la estabilidad de las labores, así como determinar tendencias de fracturamiento y análisis de esfuerzos se hace uso de programas matemáticos de modelamiento como el Phases\_2, Dips, y Unwedge.

Para el sostenimiento de las labores mineras se tendrá los parámetros de cálculo para determinar la longitud promedio de instalación del sostenimiento y qué tipo de sostenimiento será técnicamente adecuado conforme a la estructura del macizo rocoso.

Con la finalidad de desarrollar los estudios geomecánicos en mina Esperanza se realizan las siguientes actividades:

- Reconocimiento sistemático del área de estudio y el área de operación actual.
- Obtención y revisión de la información geológica.
- Medición in situ de las características geomecánicas de la roca (clasificación geomecánica).
- Reuniones de trabajo con el personal profesional y técnico de la empresa para coordinar labores a desarrollar.

Cuando se diseñan labores mineras subterráneas para propósitos de explotación de un yacimiento minero, se ponen de manifiesto una serie de condicionantes y problemas que se relacionan con el comportamiento mecánico del macizo rocoso que deben de tomarse en cuenta a fin de hacer más racional dicha actividad minera.

La geomecánica pone de relieve puntos que se han de considerar para evitar o al menos disminuir en lo posible el resultado de las fuerzas que se promueven al alterar el equilibrio del macizo rocoso en el que se ejecuta las labores mineras.

Del empleo de la tecnología que la geomecánica dispone podemos sacar una rotunda y probada afirmación: Racionar el diseño, dar seguridad a la ejecución de labores mineras, facilitar el control de la ejecución de labores mineras, redundando todo esto en aumento de productividad.

### **5.1.1. Modelo Geológico.**

Regionalmente la mina está dentro de una faja de cobre-oro, que sigue un alineamiento Este-Oeste y en ella se encuentran yacimientos de oro de mediana y pequeña escala como Ocoña, Calpa, Caravelí, Ishihuinca, Bonanza, Orión, Eugenia, Posco y Clavelinas.

La mineralización está en vetas angostas (de 0.15 a 0.80 m de espesor), con contenido de oro, cobre y valores subordinados de plata. Se han identificado 17 vetas de las cuales 04 están en operación, la mineralogía de las vetas está constituida por minerales de cobre como: Calcocina, calcopirita, covelina, cuprita, malaquita y crisocola. El oro se presenta en estado nativo y como inclusiones en la piritita y la cuprita.

En el área de la mina las rocas predominantes son volcánicas e hipabisales de composición andesítica pertenecientes al Complejo Bella Unión (Cretáceo medio), también se presentan rocas intrusivas de composición diorítica y monzonitas de grano medio a fino.

Sobre yaciendo a las rocas del Complejo Bella Unión se encuentra la formación Moquegua con tobas dacíticas-riolíticas de la formación Huaylillas (Terciario superior). Al sur de las concesiones afloran rocas sedimentarias de la Formación Millo (Terciario superior), estas rocas cubren a las rocas del Complejo Bella Unión, que son las que hospedan a la mineralización.



## 5.2. MODELO GEOMECANICO:

Una valoración subterránea del estudio de mecánica de rocas fue desarrollada para proveer una dirección en el diseño de minado y establecer el tipo de sostenimiento.

Las fuentes de datos de mecánica de rocas que se obtuvieron, tratan de establecer la dirección del diseño del tajo, tipo de sostenimiento y se basa en los siguientes elementos:

- Mapeo Geológico de los niveles.
- Clasificación de la masa rocosa.
- Datos geomecánicos: RQD, tipo de roca, discontinuidades, espaciamientos de discontinuidades, rellenos, etc.
- Análisis de testigos.
- Presencia de agua.
- Descripción geológica.

### 5.2.1. Clasificación del macizo rocoso.

La clasificación del macizo rocoso es una herramienta útil para describir y formar categorías de diferentes tipos de roca con el objeto de evaluar los requisitos de estabilidad y del sostenimiento en excavaciones subterráneas.

Los dos sistemas de clasificaciones más comunes para las aplicaciones son el GSI Modificado y RMR.

Actualmente en mina Esperanza se utiliza el Índice geomecánico desarrollado por Bieniawski (1973), cuyo cálculo establece la evaluación masiva (RMR), basada en los siguientes parámetros:

- La resistencia uniaxial de la roca intacta.
- La designación de la calidad de la roca (RQD).
- Espaciamiento de discontinuidades.
- Condición de las discontinuidades.
- Condiciones de agua subterránea.

Los promedios son aplicados para cada parámetro basado en las condiciones de las que se encontró durante el mapeo. Una evaluación global es obtenida añadiendo los promedios individuales para cada uno de los cinco parámetros. La evaluación global esta entonces ajustada para dar explicación sobre orientación

unida con relación a la excavación. Se presenta el formato de mapeo geomecánico.  
**(Ver ANEXO 01)**

Con esta tabla determinamos el tipo de roca en una determinada labor minera, y en función del puntaje acumulado en los diferentes ítems se aplica la tabla geomecánica que se puede observar en el siguiente cuadro:


 <b>CARTILLA GEOMECANICA</b> <span style="float: right;"><b>DEPARTAMENTO DE GEOMECANICA</b></span>												
TIPO	ROCA		RMR	CARACTERISTICA DE LA ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO	TIPO DE SOSTENIMIENTO	ANCHO	AUTOSOPORTE	SPAN	AUTOSOPORTE	SPAN VERTICAL	OBSERVACIONES
	COLOR	CALIDAD			CX, GL, VENT, BY PASS	TAJOS, S/N, ETC	PROMEDIO	GAL, CX, ETC	GAL, CX, ETC	TAJOS, S/N	TAJOS, S/N	
I		MUY BUENA	81-100	Roca muy dura con muy pocas fracturas, terreno seco <b>(Espaciamiento de fracturas de 1 a 3 metros. Se astilla con varios golpes de picota)</b>	No requiere sostenimiento	No requiere sostenimiento	0.8 - 2.1 m	> 1 año	30 m	25 días	5 m	Voladura normal o controlada
II		BUENA	61-80	Roca dura con pocas fracturas, ligera alteración, húmeda en algunos casos <b>(Espaciamiento de fracturas de 0.5 a 1 metro. Se astilla con mas de 5 golpes de picota)</b>	Pernos helicoidales o split set, en forma esporádica, donde presenta riesgo de caída de rocas	Puntales de seguridad en forma esporádica, donde presentan riesgos de caída de rocas	0.8 - 2.1 m	6 meses a 1 año	12 m	4 días	4.5 m	Voladura normal o controlada, Taladro perforado - split set o perno helicoidal colocado
III-A		REGULAR-A	51-60	Roca moderadamente dura, con regular cantidad de fracturas, ligeramente alterada, húmeda a mojada <b>(2 a 6 fracturas por metro, se rompe con mas de 3 golpes de la picota)</b>	Pernos helicoidales o split set de 5 pies, con esquema de instalación sistemático de 1.6 m x 1.6 m	Puntales de seguridad sistemáticamente espaciados a 1.50 m	0.8 - 2.1 m	> 1 - 3 Meses	8 m	2 días	3.4 m	Voladura controlada, Taladro perforado - split set o perno helicoidal colocado. Hacia el tope colocar split set o perno helicoidal puntuales
III-B		REGULAR-B	41-50	Roca moderadamente suave, con regular cantidad de fracturas, ligeramente alterada, húmeda a mojada <b>(6 a 12 fracturas por metro, se rompe con 1 a 3 golpes de la picota)</b>	Mallas electrosoldadas + pernos helicoidales o split set de 5 pies con esquema de instalación sistemático de 1.6 m x 1.6 m	Puntales de seguridad sistemáticamente espaciados a 1.20 m. Puntales de línea y guarda cabeza si requiere	0.8 - 2.1 m	> 3 - 7 días	5 m	6 horas	2.5 m	Hacia el tope colocar split set o perno helicoidal puntuales
IV		MALA	21-40	Roca suave muy fracturada, con algunas fallas con panizo, moderada a fuerte alteración, goteo constante en fracturas y fallas <b>(12 a 20 fracturas por metro, se introduce superficialmente la punta de picota)</b>	Cuadros de madera espaciados a 1.5 metros	Cuadros de madera espaciados a 1.30 metro, ultimo cuadro a 1 metro del tope, avanzar con guarda cabeza	0.8 - 2.1 m	1 a 12 horas	1-2.0 m	2 horas	2.2 m	Voladura controlada, Ultima malla a 1.00 m del tope. Uso de guarda cabeza; uso de marchavantes laterales.
V		MUY MALA	0-20	Roca muy suave, completamente triturada, con muchas fallas panizadas, fuertemente alterada con filtración de agua <b>(&gt; 20 fracturas por metro, muy triturada, se introduce profundamente la punta de la picota)</b>	Cuadros de madera espaciados a 0.80 - 1.00 metro	Cuadros de madera espaciados a 0.80 - 1.00 metro, cuadros al tope y uso de guarda cabeza	0.8 - 2.1 m	0.5 horas (Colapso Inmediato)	1.0 m	0.5 horas (Colapso Inmediato)	1.4	Cuadro al tope. Uso de guarda cabeza; uso de marchavantes laterales. El explosivo a usar es el equivalente a la dinamita de baja potencia con voladura controlada

Ilustración N° 02: Cartilla geomecánica  
(Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)

Para el uso correcto de esta cartilla geomecánica se define los siguientes conceptos, los cuales son aplicables a todas las labores mineras según corresponda; labores de avance (cx, gl, vent, by pass) o labores de explotación (tajos, s/n), en las 04 vetas en operación en la mina Esperanza:

**Ancho promedio.-** Es el ancho de la labor recomendable para poder evitar inestabilidad en las labores mineras.

**Auto-soporte.-** Es el tiempo que puede permanecer determinada labor sin el efecto requerido por parte de algún elemento de sostenimiento.

**Luz máxima de auto-soporte horizontal “Span”.-** Es la distancia horizontal existente entre el último elemento de sostenimiento instalado o natural y el tope de la labor.

**Luz máxima de auto-soporte vertical “Span vertical”.-** Es la distancia vertical existente entre el último elemento de sostenimiento instalado o natural y el tope de la labor.

En mina Esperanza se tiene básicamente labores con roca tipo I, II, IIIA y IIIB. Eventualmente y bajo la influencia de aspectos externos (principalmente el efecto de agua de perforación proveniente de niveles superiores) se podrían tener labores con roca tipo IV.

#### **Roca Tipo I. (RMR: 81-100)**

En el caso de la roca tipo I, de calidad muy buena cuya característica principal es la presencia de roca muy dura con muy pocas discontinuidades, no requiere el uso de sostenimiento al menos durante un año en las labores de avance y 25 días en las labores de explotación, en cuanto se cumpla con el diseño del ancho y la altura de la labor mostrados en la cartilla geomecánica; luego del tiempo de auto-soporte nominal se procederá a reevaluar la zonas correspondientes a las labores de avance, mientras que las labores de explotación pasan al siguiente corte a lo mucho en una semana, antes que se cumpla el tiempo de auto-soporte nominal de 25 días.

### **Roca Tipo II. (RMR: 61-80)**

Para la roca tipo II, de calidad buena, con presencia de roca dura, pocas discontinuidades y ligeramente alterada se tiene un tiempo de auto-soporte entre 06 meses a un año para labores de avance y de 04 días en las labores de explotación, luego de este tiempo se contempla la siguiente medida de control a nivel de sostenimiento:

Labores de avance:

- Temporales: Se usa Split set esporádicos de 05 pies de longitud.
- Permanentes: Se usa pernos helicoidales esporádicos de 05 pies de longitud.

Labores de explotación:

Se usa puntales de seguridad de manera puntual, donde a criterio del personal involucrado sea conveniente.

### **Roca Tipo IIIA. (RMR: 51-60)**

Este tipo de roca de calidad regular se caracteriza por una dureza media de la roca con regular cantidad de discontinuidades y ligeramente alterada. El tiempo de auto-soporte es de 01 a 03 meses para las labores de avance y de 02 días para las labores de explotación, se deberá antes de cumplirse dicho tiempo de auto-soporte colocar el sostenimiento de la siguiente manera:

Labores de avance:

- Temporales: uso de Split set de 05 pies de longitud con distribución sistemática, espaciado de 1.6 m. **(ver ANEXO 02)**
- Permanentes: uso de pernos helicoidales de 05 pies de longitud con distribución sistemática, espaciado de 1.6 m. **( ver ANEXO 02)**

Labores de explotación:

Se usa puntales de seguridad sistemáticos, espaciados a 1.5 m.

**Tipo de roca IIIB. (RMR: 41-50)**

De calidad regular se caracteriza por tener roca moderadamente suave, regular presencia de discontinuidades y ligeramente alterada. El sostenimiento dentro del tiempo de auto-soporte establecido, sigue el mismo procedimiento que para el tipo de roca IIIA, adicionándole el colocado de mallas electro soldadas, para las labores de avance (**ver ANEXO 03**); mientras que para las labores de explotación se reduce el espacio entre puntales de seguridad a 1.20 m.

**Tipo de roca IV. (RMR: 21-40)**

Este tipo corresponde a macizo rocoso de calidad mala y se mantendrá estable en las paredes de la excavación por un periodo de tiempo muy corto; en consecuencia, se requiere instalación inmediata de elementos de sostenimiento, tanto en los hastiales y bóveda de la siguiente manera:

Labores de avance: Cuadros de madera espaciados a 1.5 m.

Labores de explotación: Cuadros de madera distanciados a 1.3 m; es importante el uso de guarda-cabeza conforme se avanza.

A continuación se muestra una aplicación de la cartilla geomecánica en una de las galerías principales en la veta Aurora (Gal 129); de esta manera se tienen usos de dicha cartilla en las diversas labores de mina Esperanza, obteniendo de esta manera la zonificación del macizo rocoso.







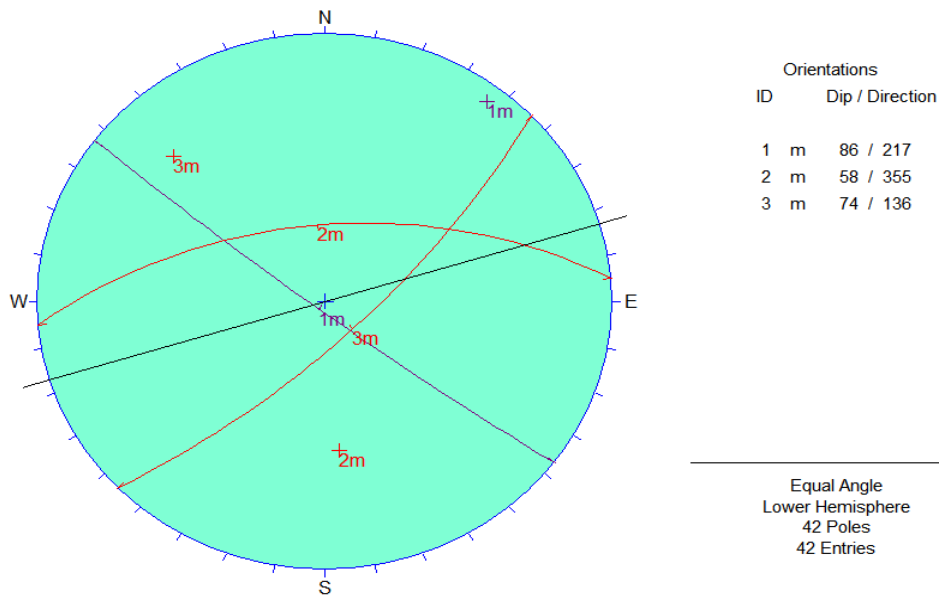


Ilustración N° 05: Diagrama estereográfico compuesto de círculos máximos  
 (Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)

Como se puede apreciar en estos resultados, están marcadamente bien definidos tres sistemas típicos de discontinuidades estructurales:

**Sistema 1.-** Es el más importante y dominante, conformado principalmente por diaclasas y fallas tiene dirección de buzamiento promedio de  $217^\circ$  y buzamiento promedio de  $86^\circ$ . Expresado en rumbo y buzamiento:  $N53^\circ W$  y  $86^\circ SW$ .

**Sistema 2.-** Sigue en importancia, conformado mayormente por diaclasas y en menor grado por fallas. Tiene dirección de buzamiento promedio de  $355^\circ$  y buzamiento promedio de  $58^\circ$ . Expresado en rumbo y buzamiento:  $N85^\circ E$  y  $58^\circ NW$ .

**Sistema 3.-** El menos importante, conformado principalmente por pseudo estratos y en mínimo grado por diaclasas y otros tipos de discontinuidades. Tiene dirección de buzamiento promedio de  $136^\circ$  y buzamiento promedio de  $74^\circ$ . Expresado en rumbo y buzamiento:  $N46^\circ E$  y  $74^\circ SW$ .

Se aprecia también que la dirección de la excavación sigue un rumbo aproximado de  $N72^\circ E$ .

### 5.2.3. Dirección preferencial del avance de la excavación.

Al estar ubicada la zona de evaluación a profundidades medianas, es importante considerar que el comportamiento de la masa rocosa estará condicionado por su

arreglo estructural. En tales condiciones será relevante analizar la estabilidad de las excavaciones, controlada por el debilitamiento estructural de la masa rocosa circundante.

De acuerdo al arreglo estructural que presenta la masa rocosa, existen direcciones preferenciales a las cuales en lo posible debe estar alineado el avance de las excavaciones, para lograr mejores condiciones de estabilidad de las mismas. Las condiciones más favorables para la estabilidad, ocurren cuando se avanzan las excavaciones en forma perpendicular a las estructuras principales, de manera contraria, las condiciones más desfavorables para la estabilidad ocurren, cuando se avanzan las excavaciones en forma paralela a las estructuras principales.

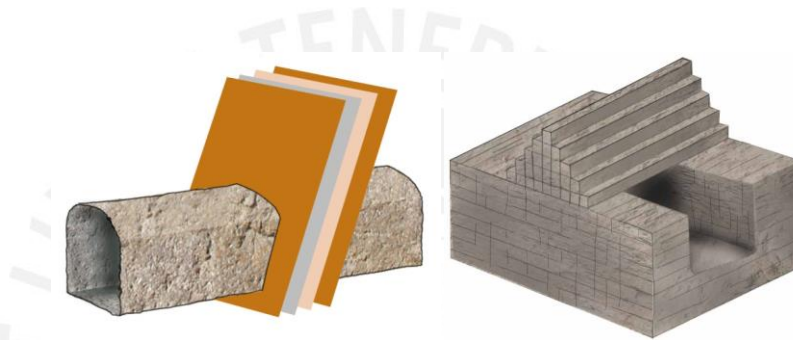


Ilustración N° 06: Condiciones favorables para la estabilidad de la excavación  
(Fuente: Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea – SNMPE)

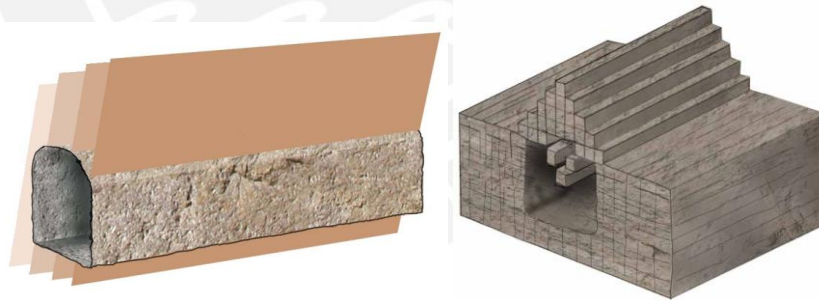


Ilustración N° 07: condiciones desfavorables para la estabilidad de la excavación  
(Fuente: Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea – SNMPE)

Como se ha mencionado anteriormente la familia principal de discontinuidades tiene un rumbo de  $N53^{\circ}W$ , mientras que la dirección que se la ha dado a la excavación esta expresada con un rumbo de  $N72^{\circ}E$ , procurando de esta manera cumplir con el criterio expresado en este acápite.

### 5.3. SELECCION DEL METODO DE EXPLOTACION:

Aplicando la metodología de Nicholas para la selección del método de minado que toma en cuenta la geometría del yacimiento, distribución de leyes y la calidad de la roca se encontraron los siguientes resultados:

METODO EXPLOTACION	YACIMIENTO	MINERAL	CAJA TECHO	CAJA PISO	TOTAL
Block Caving	-45	6	4.8	3.42	-30.78
Sublevel Stopping	7	3.75	3	1.14	14.89
Sublevel Caving	-44	5.25	4.8	1.9	-32.05
Longwall Mining	-94	6	4.8	3.04	-80.16
Room and Pillar	9	4.5	3.6	2.28	19.38
Shrinkage Stopping	7	4.5	4.8	3.04	19.34
Cut and Fill Stopping	13	6	4.8	3.8	27.60
Top Slicing	-47	4.5	4.2	3.04	-35.26

Cuadro N° 08: Criterios para la selección del método de explotación  
(Fuente: Geomecánica – mina Esperanza)

Como se muestra en el gráfico anterior, los métodos de explotación tentativos son los que arrojan los valores más altos:

- Room and Pilar (Cámaras y Pilares)
- Shirinkage Stopping
- Cut and Fill Stopping (Corte y Relleno Ascendente)

#### Room and Pilar (Cámaras y pilares)

Desventajas:

- El yacimiento presenta una mineralización muy irregular tanto en su longitud como en su potencia; de esta manera no se podría obtener una geometría favorable para la correcta planificación de este método.

#### Shirinkage Stopping

Desventajas:

- Dilución de la ley; el Shirinkage implica, por lo general, una dilución de la ley debido a que durante la fase del vaciado del caserón se mezclan corrientemente zonas de estériles que se derrumban de las paredes. Es

frecuente que al final de la fase de vaciado sea necesario desechar capas de mineral de ley demasiado baja, disminuyendo aún más la recuperación del yacimiento.

### **Cut and Fill Stopping (Corte y Relleno Ascendente)**

Ventajas:

- La recuperación es cercana al 100%.
- Es altamente selectivo, lo que significa que se puede trabajar con secciones de alta ley y dejar aquellas zonas de baja ley sin explotar; contexto que se suele presentar en yacimientos de vetas angostas.

Por tanto; el método de explotación a llevar a cabo en las operaciones de mina Esperanza es el de Cut and Fill Stopping (Corte y Relleno Ascendente); se detalla en el siguiente capítulo.

El relleno requerido para este método de explotación se obtiene en interior mina de tres maneras:

- Proveniente de la ampliación de las cajas en las labores de explotación, mayormente de caja piso.
- En algunas labores de explotación se hacen ventanas inclinadas (45°), posteriormente se amplía dicha ventana dejando un puente de aproximadamente 02 m, con la finalidad de obtener desmonte (hueco de perro).
- En las labores de explotación que tienen accesibilidad a niveles superiores se emplea el material estéril que es producto de las exploraciones en la mina.

## CAPITULO VI

### MINERIA

#### 6.1. DESCRIPCION DE LAS ETAPAS EN OPERACION MINA:

**a) EXPLORACION:** En esta etapa se realizarán labores horizontales y verticales (cortadas, estocadas, chimeneas) cuyos objetivos son: llegar a las proyecciones de las vetas para su posterior desarrollo, así mismo de ejecutar cámaras diamantinas de donde se realizarán taladros diamantinos que confirmarán o descartarán la presencia de vetas en las proyecciones dadas las labores de exploración.

**b) DESARROLLO:** Luego que las cortadas lleguen a su objetivo (vetas) se realizan labores horizontales o verticales (galerías, chimeneas) siguiendo la estructura de la veta y que permiten su reconocimiento y la confirmación de leyes y potencias a lo largo de su recorrido, estas labores permiten la cubicación de reservas minerales.

**c) PREPARACION:** En esta etapa, realizada después o en forma paralela al desarrollo se realizan labores horizontales o verticales (chimeneas, subniveles) que permiten la preparación de blocks de mineral que conformarán las zonas de explotación.

**d) EXPLOTACION:** Es la etapa final en que se extrae en forma sistemática el recurso mineral preparado y cubicado en las zonas de trabajo llamadas "Tajos".

#### 6.2. TIPOS DE LABORES MINERAS:

##### 6.2.1. Cortadas y galerías.

Son labores horizontales de 2.1 m x 2.4 metros de sección realizadas principalmente con fines exploratorios, para dar accesos y servicios a las zonas de trabajo. Se realizan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg.

- Limpieza con palas neumáticas Eimco 12B.
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación:** se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 02, 04, 06, y 08 pies y su malla de perforación consta de 30 a 37 taladros dependiendo del tipo de roca.
- **Voladura:** El explosivo tipo pulverulenta Semexa 45%, 65% y 80%, y como accesorios de voladura se utiliza el explosivo tipo carmex, armadas con fulminante de guía blanca.
- **Limpieza:** Se utiliza las palas neumáticas que cargan a los carros mineros uno a uno, los carros son empujados hacia un cambio de vía cauvil, para luego ser jalados con la locomotora.
- **Sostenimiento:** El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, los principales elementos de sostenimiento son: la madera, pernos helicoidales y pernos helicoidales con malla.

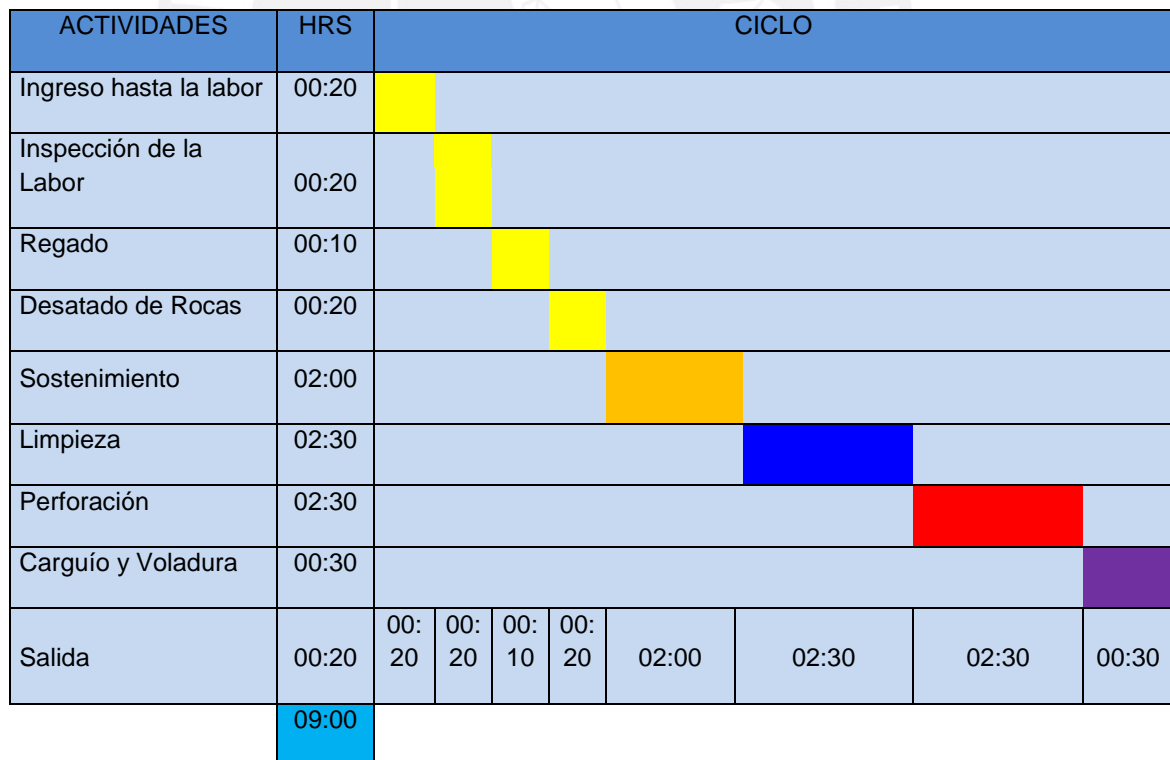


Ilustración N° 08: Ciclo de trabajo en Cortadas y Galerías  
(Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)



### 6.2.2. Chimeneas.

Son labores verticales y/o inclinadas de doble compartimiento de 2.4 m x 1.2 m de sección y de chimeneas simples de 1.2 m x 1.2 m. de sección, estas labores se realizan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Stoper.
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación:** se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 02, 04, y 06 pies y su malla de perforación consta de 18 a 26 taladros para chimeneas de doble compartimiento y de 12 a 18 taladros para chimeneas simples como también es dependiendo del tipo de roca.
- **Voladura:** El explosivo tipo pulverulenta Semexa 45%, 65% y como accesorios de voladura se utiliza el explosivo tipo carmex.
- **Limpieza:** La limpieza del tope de la chimenea se realiza por gravedad, la carga limpiada es almacenada en la tolva que se construye al inicio de la chimenea, para luego ser jalados en carros mineros U-35 con la locomotora.
- **Sostenimiento:** El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, como principal elemento de sostenimiento usamos cuadros de madera y puntales de avance y las chimeneas de doble compartimiento son forradas con tablas para separar el camino del echadero de mineral y/o desmonte.

ACTIVIDADES	HORAS	CICLO							
Ingreso hasta la labor	00:20	[Bar chart showing activity duration]							
Inspección de la Labor	00:20	[Bar chart showing activity duration]							
Regado	00:10	[Bar chart showing activity duration]							
Desatado de Rocas	00:20	[Bar chart showing activity duration]							
Instalación de puntales (sostenimiento)	01:00	[Bar chart showing activity duration]							
Limpieza	02:00	[Bar chart showing activity duration]							
Perforación	04:00	[Bar chart showing activity duration]							
Carguío y Voladura	00:30	[Bar chart showing activity duration]							
Salida	00:20	00:20	00:40	01:00	01:20	01:40	02:00	04:00	00:30
	09:00								

Ilustración N° 09: Ciclo de trabajo en chimeneas  
(Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)

### 6.2.3. Subniveles.

Son labores horizontales de 1.2 m x 1.8 m de sección, realizadas durante la etapa de preparación a partir de una chimenea sobre el nivel principal y sirven para delimitar el inicio del área de explotación, estas labores se trabajan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg.
- Carretilla tipo “Buggy”.
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación:** se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 02, 04, y 06 pies y su malla de perforación consta de 14 a 21 taladros esto dependiendo del tipo de roca.
- **Voladura:** El explosivo tipo pulverulenta Semexa 45%, 65% y como accesorios de voladura se utiliza el explosivo tipo carmex.

- **Limpieza:** La limpieza se realiza a pulso con carretillas tipo “buggy”, llevando la carga del subnivel hacia la tolva de la chimenea, para luego ser jalados en carros mineros U-35 con la locomotora.
- **Sostenimiento:** Generalmente por las dimensiones de la sección, no se efectúa sostenimiento; en caso requiera, de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, se utilizará cuadros de madera y/o puntales.

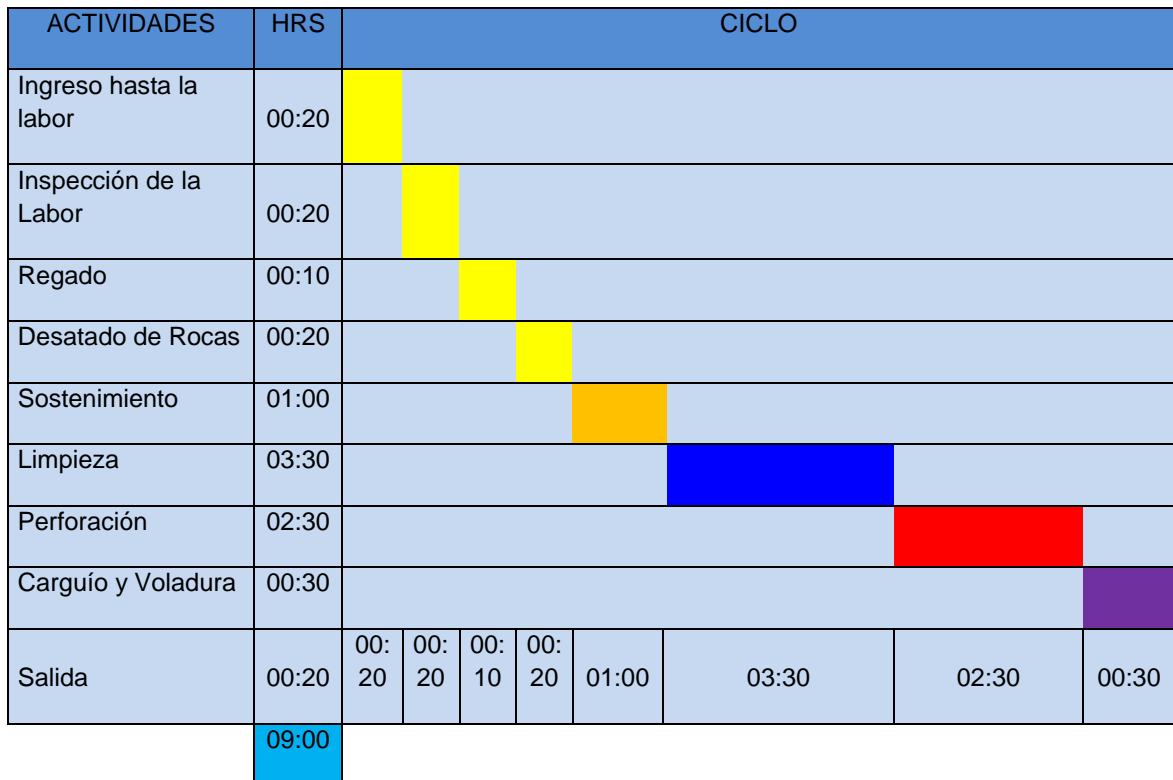


Ilustración N° 10: Ciclo de trabajo en Subniveles  
(Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)

#### 6.2.4. Tajos (Método de explotación Corte y Relleno Ascendente).

El método de explotación empleado es de Corte y Relleno Ascendente (Over Cut and Fill), el cual garantiza una adecuada recuperación, estabilidad y selectividad del mineral. Todos los trabajos se realizan convencionalmente.

Para los casos de vetas muy angostas e irregulares en potencia y mineralización se emplea el Circado como un sub-método de explotación, que tiene la particularidad de ser muy selectivo. El método consiste en disparar solamente la caja, luego se tiende este material como relleno posteriormente se dispara mineral puro.

Las labores donde se realizan la explotación de mineral están compuestas por uno o más blocks, las dimensiones del block son en promedio de 30 m (longitud) x 50 m (altura). La explotación se realiza en forma convencional y los equipos a utilizar son:

- Perforadoras tipo Jack leg y/o Stoper.
- Carretilla tipo “Buggy”.
- Winches de 10 HP y rastras de 18” de ancho y capacidad de 4.5 pies<sup>3</sup>.
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35.

El ciclo de minado consiste en:

- **Perforación:** La perforación se realiza con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack Leg y Stoper con barreros cónicos de 02, 04, y 06 pies de longitud y brocas de 38 mm. de diámetro, malla de perforación tipo hilera y zigzag, con burden de 0.25 m a 0.30 m y espaciamiento de 0.30 m.
- **Voladura:** Se realiza voladura controlada con explosivos tipo pulverulenta como el Exadit de 45%, Semexa 45% para terrenos muy suaves y explosivos tipo pulverulenta Semexa 65%, para rocas duras y como accesorios utilizamos las armadas con fulminante, mecha lenta, carmex y pentacord.
- **Sostenimiento:** Cuando las cajas se encuentren fracturadas o inestables se utiliza un sostenimiento temporal con puntales de seguridad y dejando pilares que luego son recuperados, si las características geomecánicas de la labor lo requieren se utilizan cuadros de madera y pernos Split set, esto permite al trabajador realizar su tarea en forma segura durante la limpieza del mineral y luego del cual se procede al relleno respectivo del tajo que constituye el sostenimiento definitivo.
- **Limpieza de mineral:** La limpieza de mineral en los tajos de explotación se realiza mediante dos métodos; uno con carretillas tipo buggy, el otro con winches de arrastre de 10 HP con rastras de 18” de ancho y capacidad de 4.5 pies<sup>3</sup>. Este mineral es depositado en las tolvas de madera instalados en los extremos de cada tajo.
- **Trasporte:** El transporte del mineral, una vez descargados de las tolvas a los carros mineros U-35, se lleva a cabo con locomotora de batería de 1.5 TN hasta el echadero de mineral, para luego ser extraído mediante winches de izaje por inclinados hasta superficie.
- **Relleno:** Luego de realizar el corte de la veta y la limpieza de mineral, se procede al descaje del tajo, con la finalidad de dar el ancho ergonómico para el perforista, se continua con acomodar el material encajonante volado sobre el piso de trabajo (“pampillado”) dejando una altura aproximada de 2.30 m del piso al techo de la labor, hasta formar un piso que permita realizar la perforación del

siguiente corte. Se utiliza también como relleno el desmote producido en las labores mineras de exploración y desarrollo en los niveles superiores.

El espacio dejado por la extracción de mineral es rellenado con desmote producido en las labores mineras de exploraciones y desarrollo, permitiendo reciclar el material estéril en el interior de la mina. También se utiliza como relleno la rotura de corona pobre.

ACTIVIDADES	HORAS	CICLO							
Ingreso hasta la labor	00:20	[Gantt chart bar]							
Inspección de la Labor	00:20	[Gantt chart bar]							
Regado	00:10	[Gantt chart bar]							
Desatado de Rocas	00:30	[Gantt chart bar]							
Sostenimiento	02:00	[Gantt chart bar]							
Limpieza	02:00	[Gantt chart bar]							
Perforación	03:00	[Gantt chart bar]							
Carguío y Voladura	00:30	[Gantt chart bar]							
Salida	00:10	00:20	00:20	00:10	00:30	02:00	02:00	03:00	00:30
	09:00								

Ilustración N° 11: Ciclo de trabajo en Tajos  
(Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)

Actualmente la capacidad de producción de cada tajo varía dependiendo de la zona de trabajo en la que se estime:

**Zona Aurora:** Cada tajo aporta aproximadamente 260 toneladas de mineral al mes, se requieren 10 tajos para cubrir el tonelaje planteado.

**Zona Gisela:** El aporte de cada tajo es de aproximadamente 230 toneladas de mineral al mes, se requieren 08 tajos para cubrir el tonelaje planteado.

**Zona Coila:** Esta zona corresponde a la veta Dulce, la cual; en parte por la potencia en su recorrido, es la que cuenta con los tajos de menos aporte de mineral

en la unidad, 200 toneladas de mineral al mes por tajo. Se busca tener 07 tajos de producción continua para cumplir con el actual proyecto.

En total se necesitan 25 tajos, distribuidos entre las tres zonas de producción.





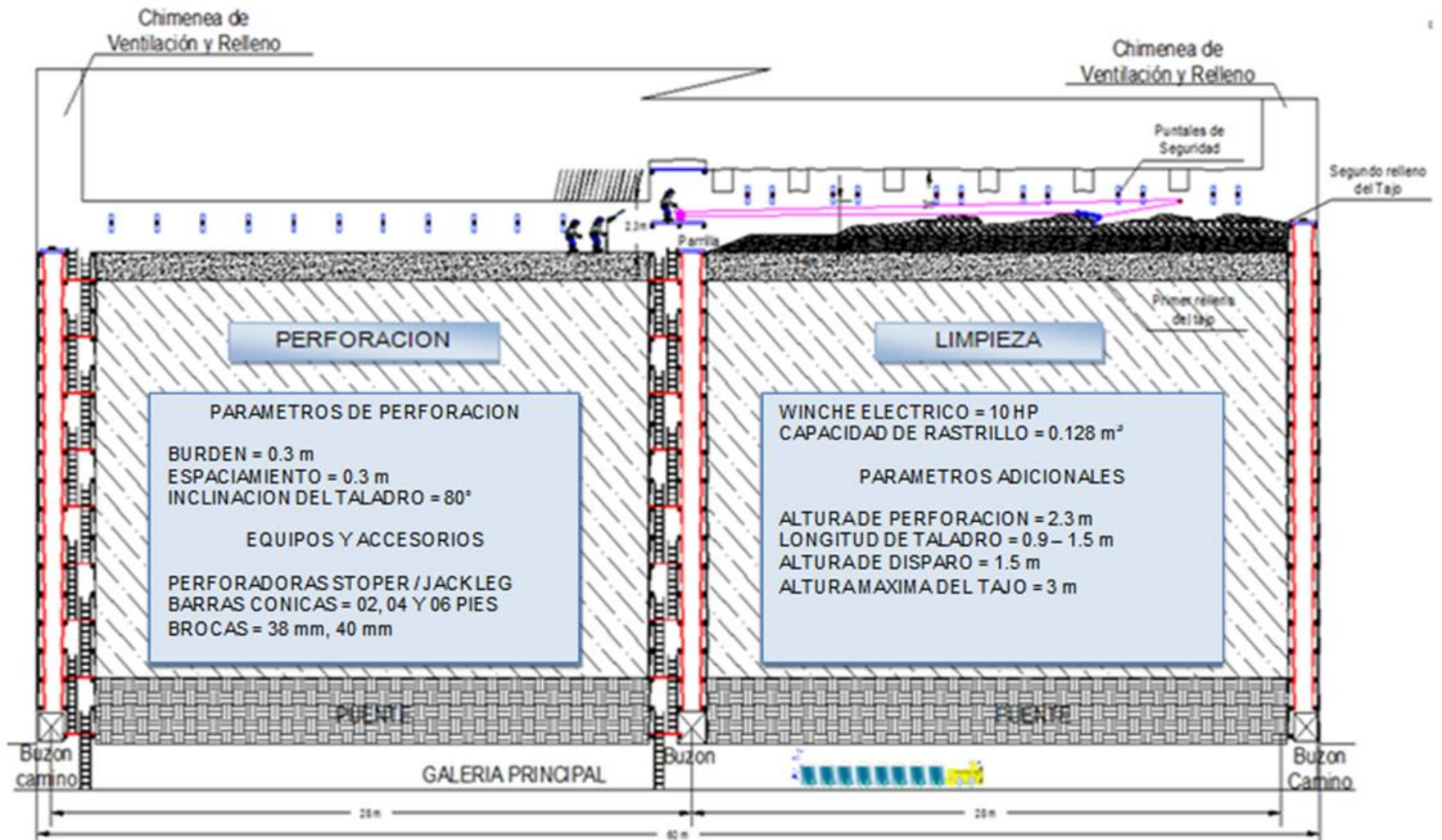


Ilustración N° 12: “Corte y Relleno Ascendente Convencional”, “Over Cut and Fill”  
 (Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)

## CAPITULO VII:

### VENTILACION

#### 7.1. DISEÑO DE VENTILACION:

Tener un ambiente laboral agradable con buenos estándares en ventilación es de suma importancia para llevar a cabo trabajos en este tipo de minería, es por ello que el diseño del laboreo minero considera la ejecución de chimeneas cada 60 metros con la finalidad de tener un flujo adecuado de aire natural. El diseño del sistema de ventilación estará calculado de acuerdo a la cantidad de trabajadores que desarrollaran las actividades para permitir un flujo adecuado de aire al interior de la mina.

##### 7.1.1. Ventilación de galerías y cruceros.

Siendo las galerías y cruceros labores ciegas y confinadas, se cuenta con 02 ventiladores eléctricos de 20, 000 CFM, 03 ventiladores de 10, 000 CFM y 05 ventiladores de 5, 000 CFM, que permiten insuflar aire fresco a los frentes con mangas de 24" y 18" de diámetro hasta 300 metros sin mayores problemas, que a su vez permiten ejecutar las chimeneas en un tiempo perentorio.

##### 7.1.2. Ventilación de chimeneas.

Siendo las chimeneas labores ciegas y con mayor nivel de riesgo por la acumulación de monóxido en el tope de la chimenea, MTP cumple con lo dispuesto en DS 055-2010 EM, disponiendo ventilación forzada con aire comprimido a través de una línea auxiliar de ventilación (tercera línea), con aire permanente durante las 24 horas del día que garantiza el desarrollo del ciclo completo.

### 7.1.3. Ventilación de tajos de explotación.

El diseño de las chimeneas cada 60 metros tiene tres objetivos básicos: exploración vertical, ventilación de labores y servicios (camino, tuberías, etc.).

Para mantener un buen circuito de ventilación natural en los tajos se tiene establecido la explotación de una batería de tajos en forma simultánea de modo que permita mantener la conexión entre los 03 tajos que existen entre las chimeneas de ventilación. A continuación se presenta un esquema de ventilación; se puede apreciar el diseño de las chimeneas y el flujo del aire natural que permite un sistema de ventilación natural en las labores de explotación y ventilación forzada (mecánica) en las labores ciegas.

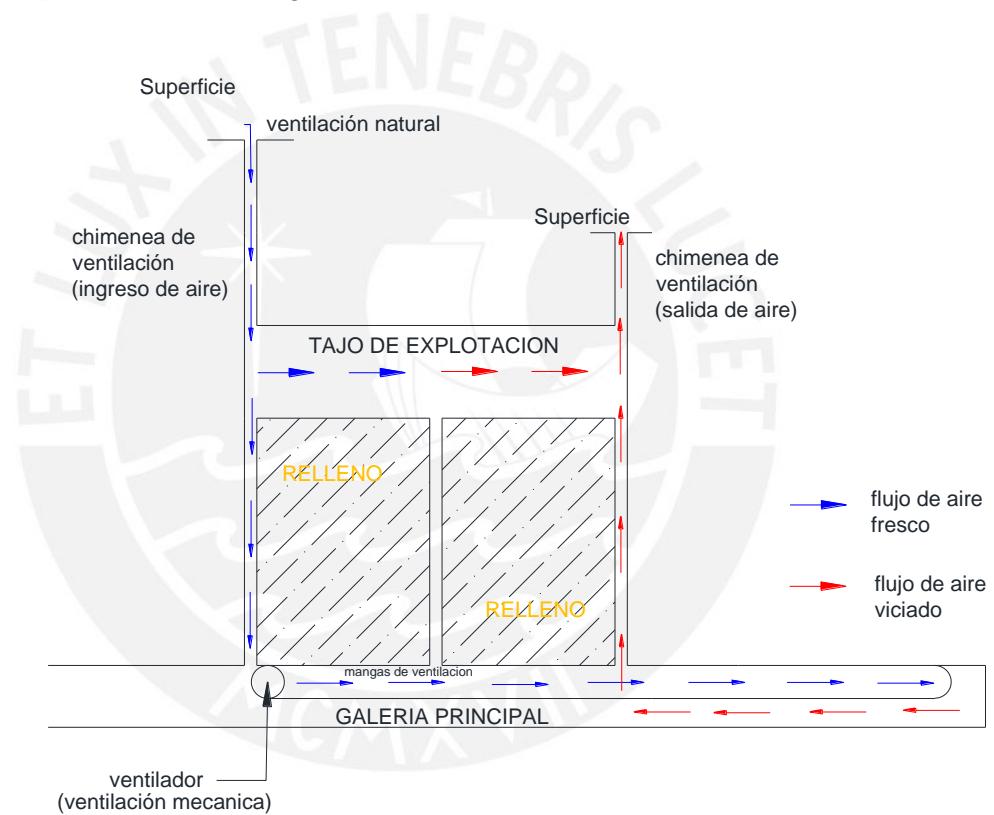


Ilustración N° 13: Esquema de ventilación  
(Fuente: Autor)

7.2. CALCULO DE CAUDAL DE AIRE REQUERIDO:

<b>MTP</b>			
<b>Mina Esperanza</b>			
<b>REQUERIMIENTO DE AIRE FRESCO EN INTERIOR MINA</b>			
<b>ZONA AURORA</b>			
<b>I.- Cantidad de personal que ingresa a mina por turno</b>			
	<b>AREA</b>	<b>Nº TRABAJ.</b>	
	Operación Mina	30	
	Geologia	6	
	Ingenieria	7	
	Seguridad	2	
	Maestranza	2	
	Electricistas	2	
	Servicios mina	5	
	<b>TOTAL PERSONAL POR TURNO</b>	<b>54</b>	
<b>II.- Requerimiento de aire fresco en mina para la ventilación</b>			
1.-	Nº Trabajadores / Guardia	Unid.	54
2.-	Area promedio de labores de mina	m <sup>2</sup>	4.2
3.-	Numero de niveles a trabajar	Unid.	3
4.-	velocidad minima (Anfo)	m/min	25
1.- CAUDAL PARA PERSONAL A 2000 m.s.n.m		<b>m3 / min</b>	<b>CFM</b>
	$Q1 = n * 4$	216	7,628
2.- CAUDAL PARA DILUIR CONTAMINANTES DE VOLADURA		<b>m3 / min</b>	<b>CFM</b>
	$Q2 = V * AP * N^{\circ}$ Niveles	315	11,124
3.- TOTAL CAUDAL REQUERIDO		<b>m3 / min</b>	<b>CFM</b>
		531	18,752
<b>III.- Balance de aire para ventilar la mina</b>			
		<b>m3 / min</b>	<b>CFM</b>
	INGRESO AIRE FRESCO POR BOCAMINA	653	23,070
	AIRE REQUERIDO	531	18,752
	BALANCE	122	4,318
	<b>% COBERTURA</b>	<b>123%</b>	

Cuadro N° 09: Requerimiento de aire fresco en la zona Aurora  
(Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)

<b>MTP</b>			
<b>Mina Esperanza</b>			
<b>REQUERIMIENTO DE AIRE FRESCO EN INTERIOR MINA</b>			
<b>ZONA GISELA</b>			
<b>I.- Cantidad de personal que ingresa a mina por turno</b>			
	<b>AREA</b>	<b>Nº TRABAJ.</b>	
	Operación Mina	18	
	Geología	2	
	Ingeniería	3	
	Seguridad	2	
	Maestranza	2	
	Electricistas	1	
	Servicios mina	2	
	<b>TOTAL PERSONAL POR TURNO</b>	<b>30</b>	
<b>II.- Requerimiento de aire fresco en mina para la ventilación</b>			
1.-	Nº Trabajadores / Guardia	Unid.	30
2.-	Area promedio de labores de mina	m <sup>2</sup>	4.2
3.-	Numero de niveles a trabajar	Unid.	1
4.-	velocidad minima (Anfo)	m/min	25
1.- CAUDAL PARA PERSONAL A 2,000 msnm		<b>m<sup>3</sup> / min</b>	<b>CFM</b>
	$Q_1 = n * 4$	120	4,237.76
2.- CAUDAL PARA DILUIR CONTAMINANTE DE VOLADURA		<b>m<sup>3</sup> / min</b>	<b>CFM</b>
	$Q_2 = V * AP * N^{\circ} \text{ Niveles}$	105	3,708.04
3.- TOTAL CAUDAL REQUERIDO		<b>m<sup>3</sup> / min</b>	<b>CFM</b>
		225	7,945.81
<b>III.- Balance de aire para ventilar la mina</b>			
		<b>m<sup>3</sup> / min</b>	<b>CFM</b>
	INGRESO AIRE FRESCO POR BOCAMINA	291	10,294
	AIRE REQUERIDO	225	7,946
	BALANCE	66	2,348
	% COBERTURA	130%	

Cuadro N° 10: Requerimiento de aire fresco en la zona Gisela  
(Fuente: Ingeniería – mina Esperanza)

## CAPITULO VIII

## SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares son actividades tan importantes que hacen posible que se lleven a cabo con normalidad las operaciones de producción minera. En el caso específico de la unidad minera Esperanza de Caravelí están considerados los siguientes:

CONSUMO DIARIO DE AIRE, AGUA Y ENERGIA ELECTRICA - MINA ESPERANZA DE CARAVELI
---

CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO (CFM)	
----------------------------------	--

Maquinas perforadoras	1,872.00 CFM
Palas neumaticas	972.00 CFM
TOTAL	2,844.00 CFM

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (kw)	
-----------------------------------	--

Alumbrado publico y viviendas	60 Kw
Compresoras	60 Kw
Winches electricos	215 Kw
Ventiladores	50 Kw
Otros	20 Kw
TOTAL	405 Kw

COSUMO DE AGUA (m <sup>3</sup> )	
----------------------------------	--

Maquinas perforadoras	5.28 m <sup>3</sup>
Consumo humano	4.7 m <sup>3</sup>
Otros servicios	0.5 m <sup>3</sup>
TOTAL	10.48 m <sup>3</sup>

Cuadro N° 11: Consumo diario de aire, agua y energía eléctrica.  
(Fuente: Autor)

## 8.1. DESCRIPCION DE EQUIPOS:

### 8.1.1. Palas neumáticas.

Las palas neumáticas son equipos que trabajan con aire comprimido a una presión aproximada de 90 Psi, las palas en general constan de tres unidades principales: la



parte inferior, la parte del puente giratorio llamado también torna mesa y la parte superior o parte frontal. Estos equipos son utilizados para el carguío de mineral y desmonte a los carros mineros U35.

En la unidad minera se cuenta con siete palas de las cuales seis son EIMCO 12B y una ATLAS COPCO LM36.

### **8.1.2. Locomotoras.**

Las locomotoras son equipos accionados por un motor eléctrico el cual es alimentado por una batería en corriente continua a una tensión de 48 o 76 VCC, la función de estos equipos es de remolcar carros U35 los cuales están cargados de mineral o desmonte, evacuando desmonte de las galerías y mineral de los buzones de los tajos a los buzones principales.

En la unidad minera se cuenta con 03 locomotoras de 1.5 Ton y 02 locomotoras de 2.5 Ton, ambas en modelo GOODMAN.

### **8.1.3. Winches de izaje.**

Equipos accionados por motor eléctrico de anillos rozantes, el cual es alimentado por una red de energía en 440 VAC y accionado por un tablero de arranque; estos equipos constan de un tambor, en el cual se enrolla cable acerado y que esta acoplado a una caja de trasmisión, es movido por un motor eléctrico, su función es de izar mineral o desmonte de los principales buzones en baldes de izaje o carros mineros U35 desde interior mina hasta superficie.

En la unidad minera se cuenta con 02 winches de izaje de 125 HP, 01 winche de 50 HP, 01 winche de 60 Hp, 02 winches de 30 Hp y 01winche de 20 Hp.

### **8.1.4. Winches de arrastre.**

Equipos mecánicos accionados por un motor eléctrico de 10 HP los cuales se utilizan para jalar relleno o mineral en los tajos con una rastra de 18”.

En la unidad minera se cuenta con 09 winches de arrastre de 10 HP, ubicados en los diversos tajos.

### 8.1.5. Grupos electrógenos.

Equipos accionados por motor diesel, el cual mueve los generadores de energía y son alimentados por petróleo.

En la unidad minera se cuenta con 04 grupos electrógenos de diversas potencias que se utilizan según la demanda de energía requerida por la mina; a continuación se detallan:

- Grupo electrógeno WILSON P220HE2 que genera 220 KW a 440V.
- Grupo electrógeno VOLVO PENTA MLS250 que genera 230 KW a 440 v.
- Grupo electrógeno MODASA MP82 que genera 72 KW a 440V.
- Grupo electrógeno MODASA MP45 que genera 37 KW a 440V.

### 8.1.6. Compresoras.

Equipos accionados por motor diesel, acoplados a un compresor de tornillo, los cuales son alimentados por petróleo.

Estos equipos proporcionan aire comprimido y se conectan por medio de tuberías a un pulmón, del cual se distribuye por medio de tuberías de polietileno a las diferentes zonas de operación donde se utilizan para accionar las máquinas perforadoras y palas neumáticas.

En la unidad minera se cuenta con 04 compresoras diesel y 01 compresora eléctrica de diversas capacidades que se utilizan según la demanda de aire comprimido en la mina; a continuación se detallan los equipos:

- Compresora ATLAS COPCO XAMS 1050 CD de 1050 CFM.
- Compresora INGERSOLL RAND XP 750 DE 750 CFM.
- Compresora eléctrica ATLAS COPCO GA90 de 500 CFM.
- Compresora INGERSOLL RAND 375 de 375 CFM.
- Compresora INGERSOLL RAND 260 de 260 CFM.

### 8.1.7. Ventiladores.

Los ventiladores son accionados por un motor eléctrico de jaula de ardilla, que mueve alabes, los cuales proporcionan una ventilación forzada.

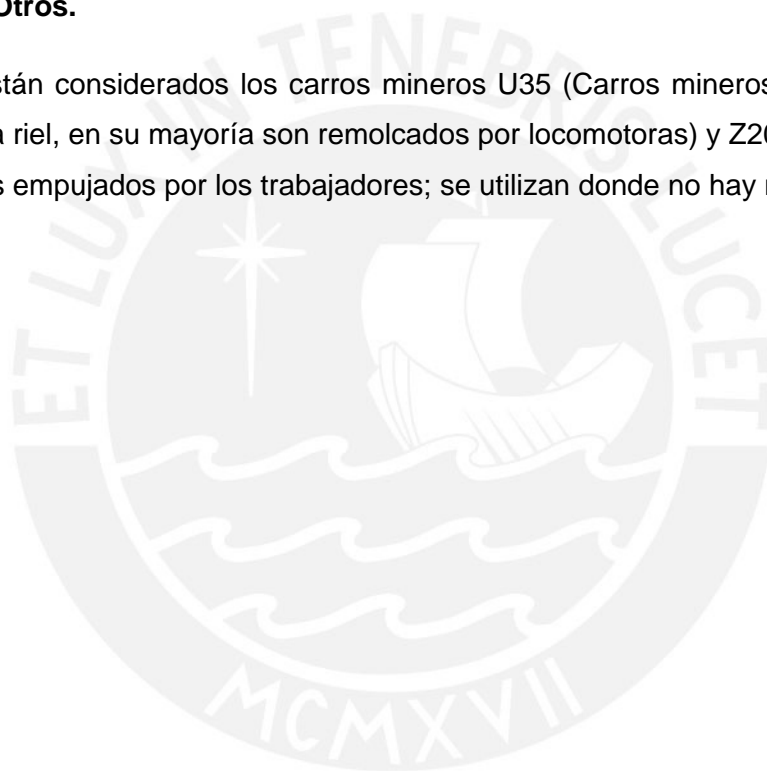
Los ventiladores son utilizados para ventilar tanto las labores de avance como las labores de explotación y disipar los gases producto de los disparos.

En la unidad minera se cuenta con 11 ventiladores de diferentes capacidades, los cuales se detallan a continuación:

- ventiladores de 5, 000 CFM/3500 RPM de 440V - 10 HP.
- ventiladores de 10, 000 CFM/3500 RPM de 440V - 30 HP.
- ventiladores de 20, 000 CFM/3500 RPM de 440V - 15 HP.

#### **8.1.8. Otros.**

Aquí están considerados los carros mineros U35 (Carros mineros que se deslizan sobre la riel, en su mayoría son remolcados por locomotoras) y Z20s que son carros mineros empujados por los trabajadores; se utilizan donde no hay rieles instaladas.



## CAPITULO IX

### PLANEAMIENTO MINERO

La planta Belén, ubicada en Chala y propiedad de la misma empresa cuenta con una capacidad instalada y autorizada para tratar 6, 000 toneladas de mineral al mes. La mina Esperanza de Caravelí aporta 4, 500 Ton/mes actualmente, el resto de la capacidad es cubierta por mineral proveniente de otras operaciones mineras (mineral de acopio).

Se plantea elaborar un planeamiento minero a un año y medio, basado en las reservas disponibles; tomando en cuenta la entrada en operación de la veta Dulce en la zona Coila y continuando con los siguientes aspectos; programa de avance lineal: Exploración, desarrollo y preparación; programa de producción: Por zonas/vetas y resumen de leyes. De esta manera lo que se busca es usar la capacidad total de la planta Belén con mineral propio, proveniente de mina Esperanza, aprovechando que se tiene varias vetas por explotar. Es conveniente buscar nuevos proyectos de expansión a nivel de la mina y de la planta a fin de optimizar los recursos de la empresa y aprovechar su elevado valor actual (Au).

Las exploraciones; expresadas en metros de avance, no tendrán cambios muy bruscos a lo largo de este año y medio, debido a la fuerte inversión que significaría buscar un horizonte mayor de reservas de Mena.

En cuanto a desarrollo y preparación se tendrá un ligero incremento paulatino; expresado en toneladas, como consecuencia de la entrada en operación de la veta Dulce.

El programa de producción es el que presenta mayores variaciones, al menos el primer año. Inicialmente se tiene una producción de 4, 500 toneladas al mes, conforme se avanza el desarrollo y la preparación de la veta Dulce el aporte de mineral de dicha veta va aumentando hasta lograr una cuota regular aproximada de 1, 400 toneladas de mineral al mes; por tanto, al final del primer año se tiene una producción de 6, 000 toneladas de mineral al mes, que se mantendrá constante a lo largo del periodo mencionado con anterioridad. Cabe mencionar que dentro del

programa de producción es considerado el aporte de mineral obtenido en el desarrollo y la preparación de las labores mineras.

Finalmente se tiene el resumen de leyes de manera mensual y anual, consiguiendo tener una idea aproximada sobre los ingresos que se obtendrán como consecuencia de la venta del mineral; se explica con mayor detalle más adelante.



## 9.1. RESUMEN DEL PROGRAMA DE OPERACIONES DEL AÑO 2012:

## RESUMEN DEL PROGRAMA DE OPERACION AÑO 2012 - MINA ESPERANZA

## EXPLORACION

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
TOTAL (M)	530	530	530	530	530	530	530	530	530	530	480	530	6310

## DESARROLLO Y PREPARACION

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
TOTAL (Ton)	300	300	350	300	300	320	270	270	270	270	270	270	3490

## RESUMEN DE PRODUCCION

ZONAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
ZONA AURORA	2450	2482	2550	2580	2560	2483	2430	2520	2560	2570	2565	2560	30310
ZONA GISELA	1750	1718	1800	1820	1790	1767	1850	1730	1820	1835	1815	1820	21515
ZONA COILA	0	0	300	300	350	430	450	480	700	825	1350	1350	6535
MINERAL DE AVANCE	300	300	350	300	300	320	270	270	270	270	270	270	3490
TOTAL (Ton)	<b>4500</b>	<b>4500</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5350</b>	<b>5500</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>61850</b>

## RESUMEN DE LEYES

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom
gr-Au	6.58	7.38	7.28	6.47	7.07	7.70	6.89	7.19	7.21	6.92	7.07	7.12	7.07
% Cu	1.53	1.42	1.68	1.80	1.39	1.74	1.54	1.64	1.72	1.61	1.61	1.61	1.61

Cuadro N° 12: Resumen del programa de operación – 2012  
(Fuente: Autor)

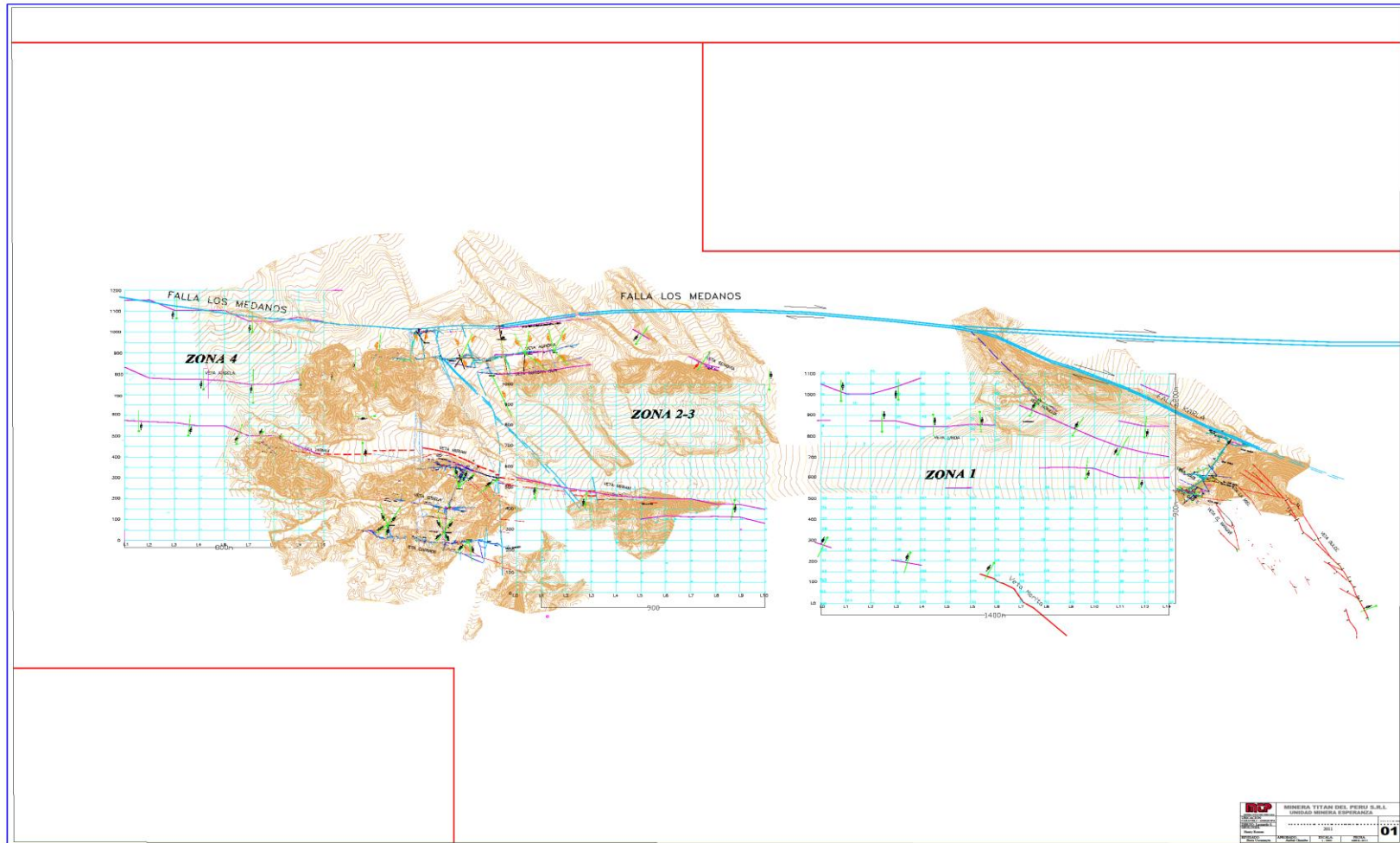


## 9.2. RESUMEN DEL PROGRAMA DE OPERACIONES DEL AÑO 2013:

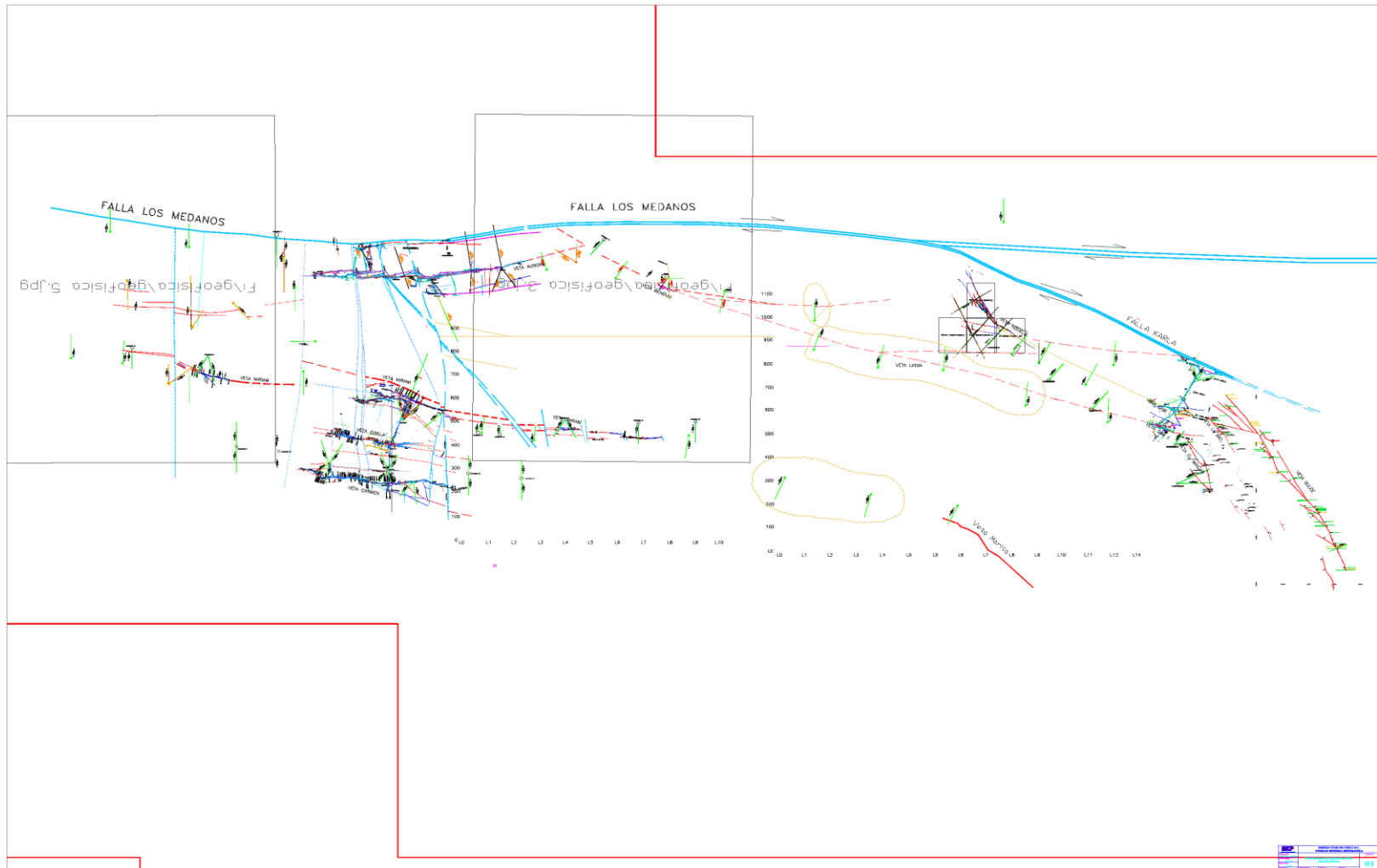
RESUMEN DEL PROGRAMA DE OPERACION AÑO 2013 - MINA ESPERANZA						
EXPLORACION						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
TOTAL (M)	593.6	593.6	593.6	593.6	593.6	593.6
DESARROLLO Y PREPARACION						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
TOTAL (Ton)	280	280	280	280	280	280
PROGRAMA DE PRODUCCION						
ZONAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
ZONA AURORA	2500	2500	2500	2500	2500	2500
ZONA GISELA	1820	1820	1820	1820	1820	1820
ZONA COILA	1400	1400	1400	1400	1400	1400
MINERAL DE AVANCE	280	280	280	280	280	280
TOTAL (Ton)	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>
RESUMEN DE LEYES						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
gr-Au	7.23	7.42	7.28	7.36	7.07	7.70
% Cu	1.56	1.60	1.68	1.80	1.46	1.74

Cuadro N° 13: Resumen del programa de operación – 2013  
(Fuente: Autor)

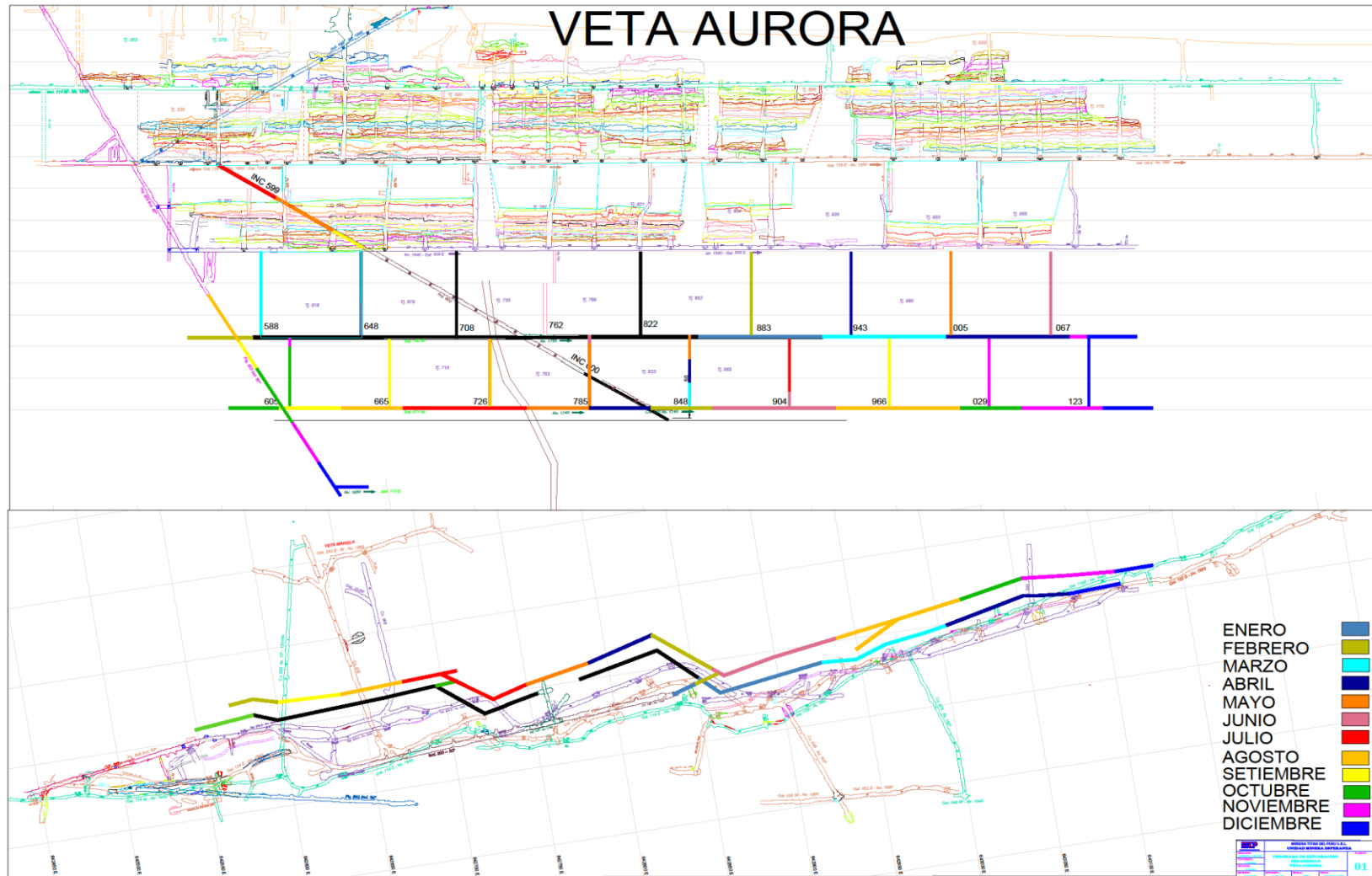
9.3. PLANOS:



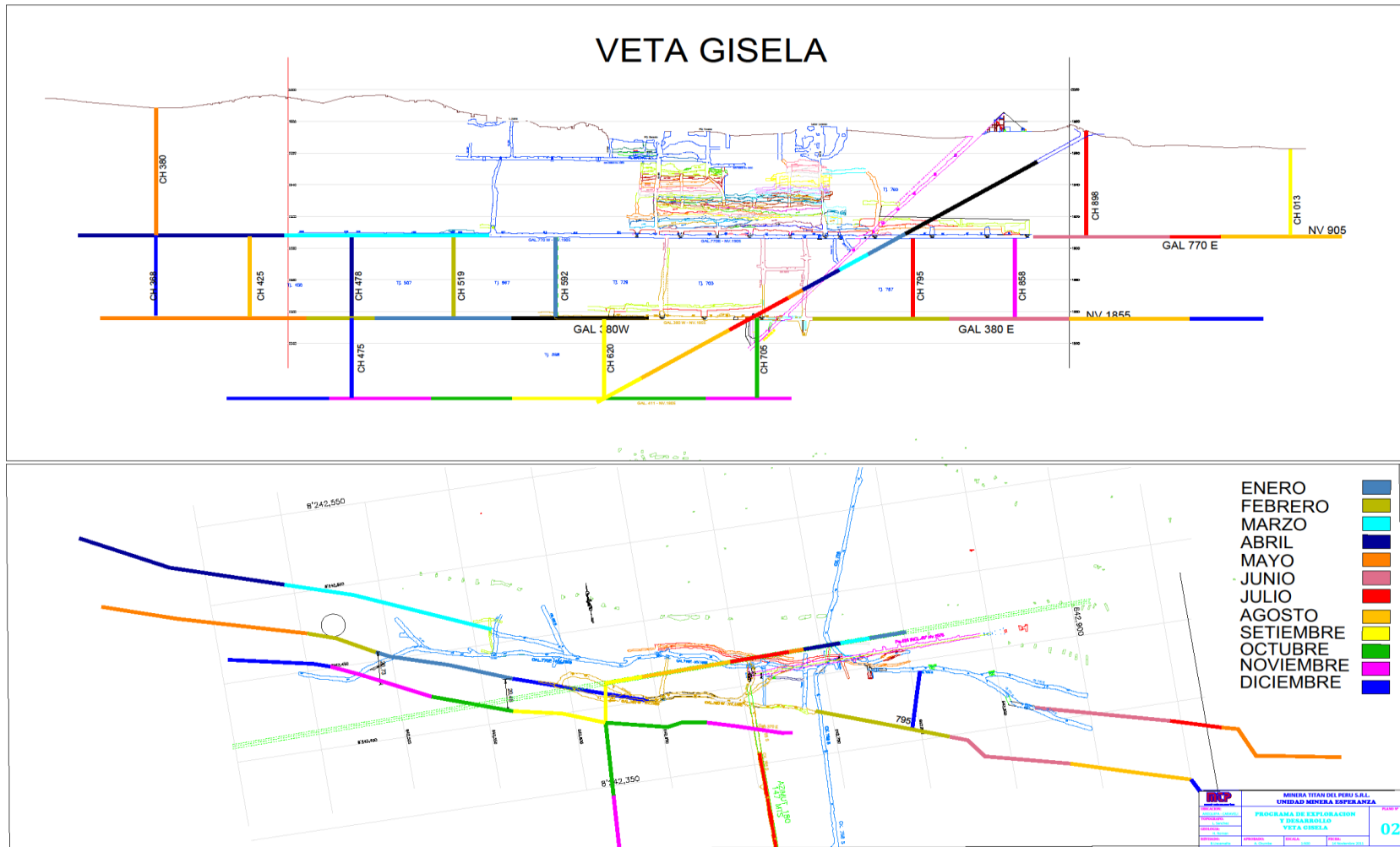
Plano N° 05: Plano prospectivo geofísico de mina Esperanza  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)



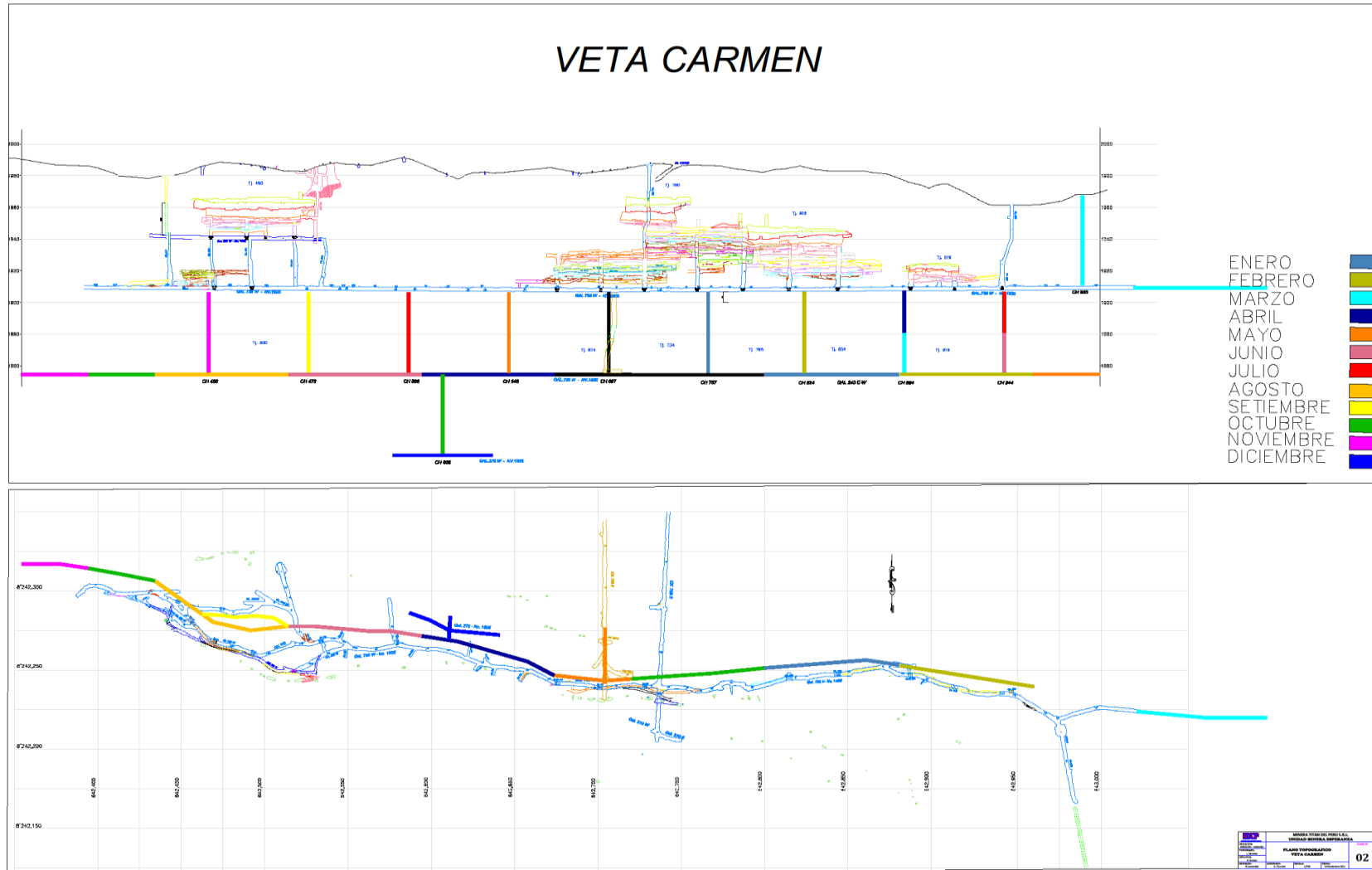
Plano N° 06: Plano de exploraciones diamantinas en mina Esperanza  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)



Plano N° 07: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Aurora  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)

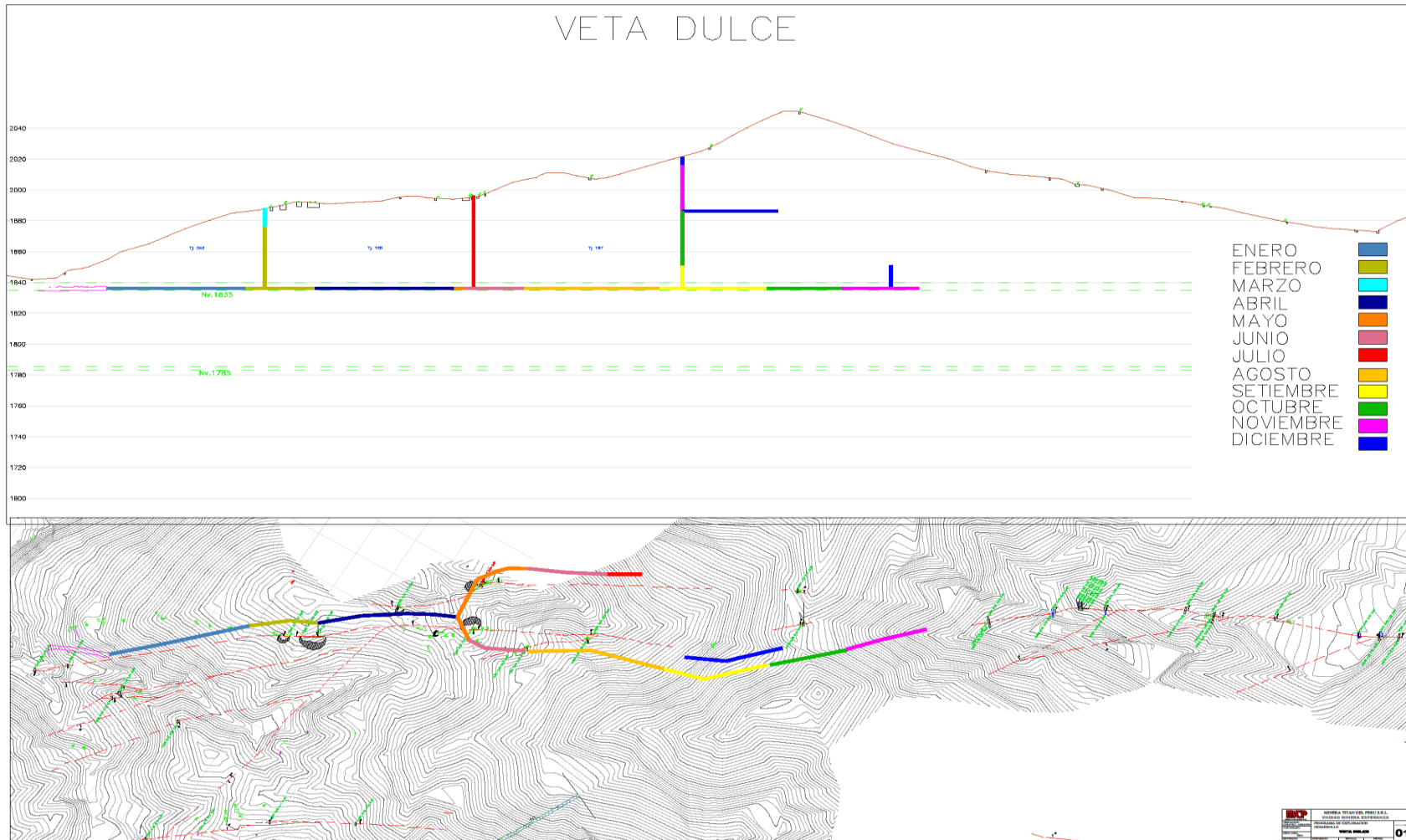


Plano N° 08: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Gisela  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)



Plano N° 09: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación de veta Carmen  
(Fuente: Geología – mina Esperanza)





Plano N° 10: Plano de exploración – desarrollo – preparación y explotación veta Dulce

(Fuente: Geología – mina Esperanza)

## CAPITULO X

### PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL

Una vez obtenido el tonelaje de mineral total de las cuatro vetas (Aurora, Gisela, Carmen y Dulce) como producto de las operaciones mineras, se pasa a la siguiente etapa del proceso; tratamiento en la planta de beneficio (planta Belén).

La planta Belén es también propiedad de la Compañía Minera Titán del Perú S.R.L y se encuentra a 156 Km de la mina Esperanza, a las afueras de la ciudad de Chala. El mineral es llevado desde la mina en volquetes de 25 toneladas de capacidad, 07 a 09 viajes diariamente en lo que va del proyecto.

En la planta Belén se llevan a cabo dos procesos; flotación y cianuración, en el de cianuración se trata el mineral proveniente de terceros, y en la planta de flotación se trata el mineral propio (mina Esperanza). La planta de flotación tiene actualmente una capacidad instalada y autorizada para tratar 6, 000 toneladas al mes.

Debido a las características mineralógicas del mineral de Esperanza (sulfuros), el tratamiento en planta es mediante gravimetría y flotación. En el proceso de gravimetría se obtiene un concentrado gravimétrico para luego obtener Doré y escoria, la escoria se lleva a la cancha de almacenamiento de escoria mientras que el Doré es transportado a la ciudad de Lima para su venta. Posteriormente se pasa al proceso de flotación donde se obtiene el concentrado de Cu/Au y un relave, el relave se deposita en las canchas de relave mientras que el concentrado es transportado al puerto del Callao para su respectiva comercialización.

A continuación se muestran los esquemas respectivos que ayudaran a comprender mejor el proceso productivo integral.

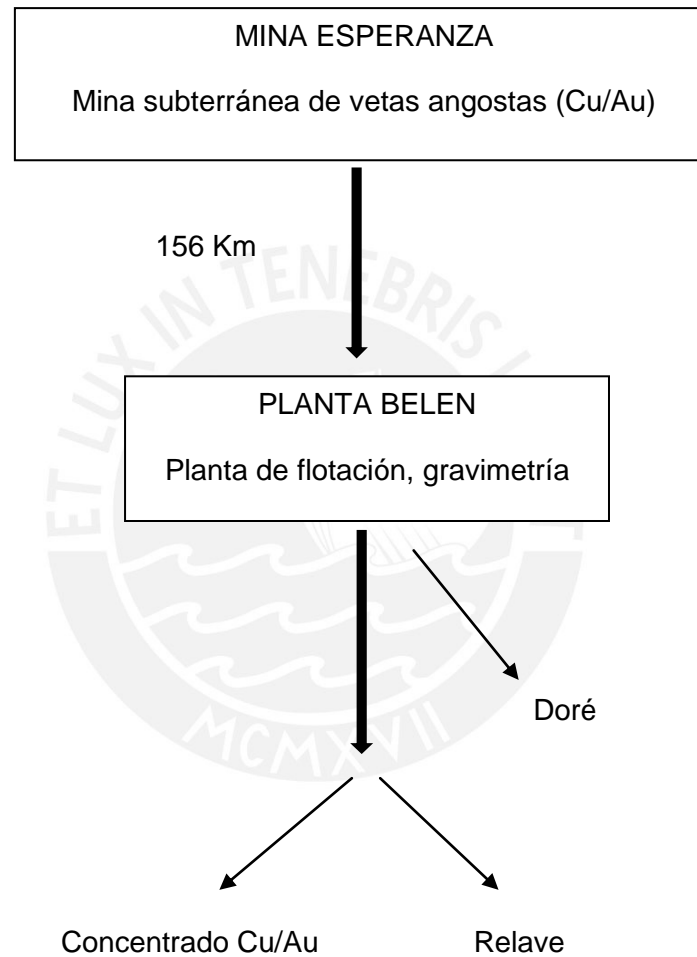
**10.1. ESQUEMA DEL PROCESO PRODUCTIVO INTEGRAL:**

Ilustración N° 14: Esquema del proceso productivo integral  
(Fuente: Autor)

10.2. ESQUEMA DEL PROCESO DE PLANTA BELEN:

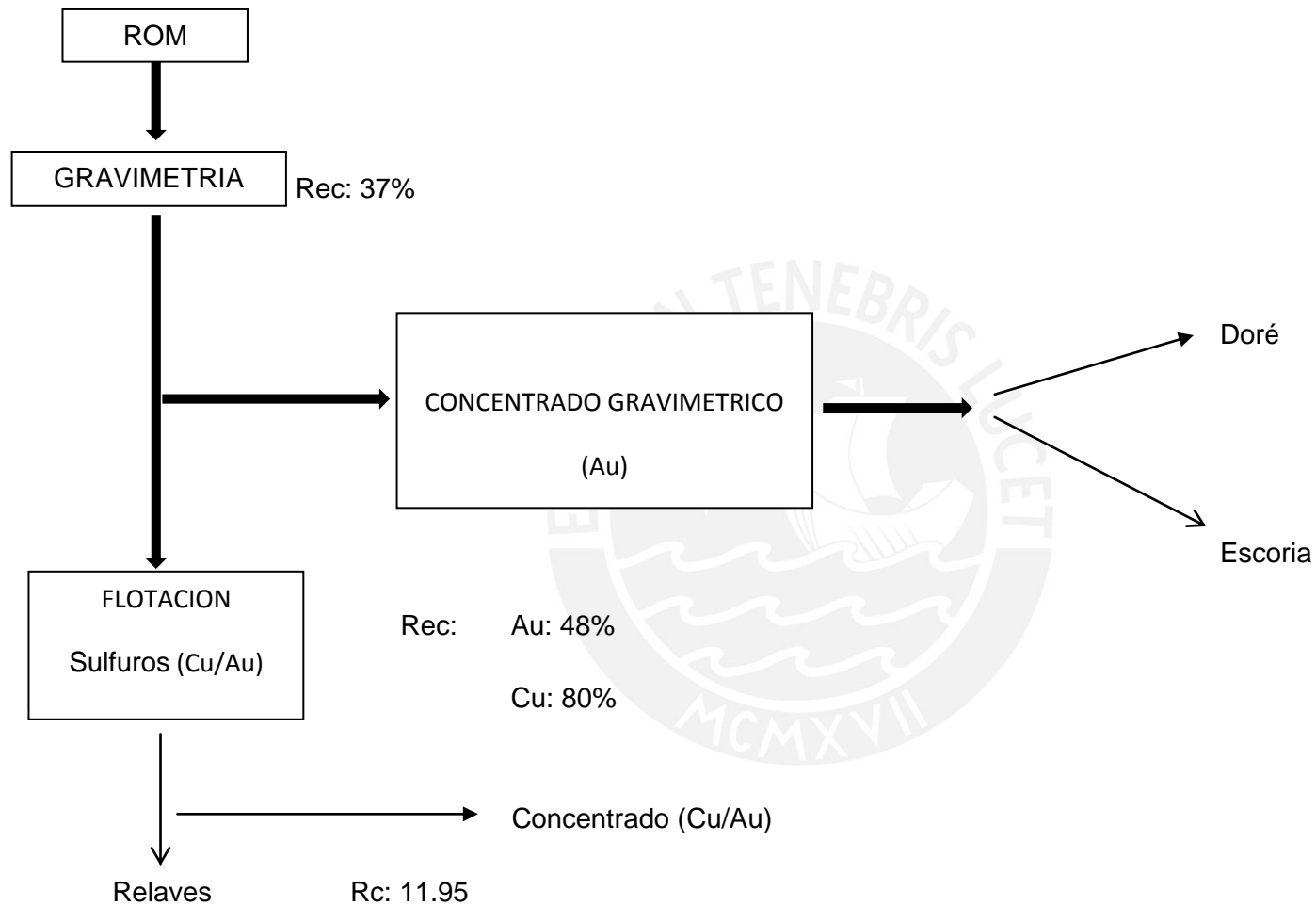


Ilustración N° 15: Esquema del proceso en la planta de beneficio (Planta Belén)

(Fuente: Autor)

## CAPITULO XI

### EVALUACION ECONOMICA

A fin de tener una idea más clara acerca del efecto de las variables económicas del negocio minero en este proyecto; se ha llevado la evaluación económica a tres años, tomando como base los gastos incurridos, así como las ganancias obtenidas en el primer año y medio.

Habiendo culminado el proceso de recuperación en la planta de beneficio podemos estimar los ingresos provenientes por la venta de Doré por una parte y de concentrado de Cu/Au por otra. Estos ingresos sensibles al precio de oro y de cobre pasan a formar parte de la valorización programada.

Los gastos llevados a cabo por la mina Esperanza y la planta Belén (flotación) en la cadena de producción del proceso productivo integral son detallados por centros de costos y constituyen el costo de operación del proyecto.

Se ha de tomar en cuenta en la evaluación económica la participación de los trabajadores (08%) y el impuesto a la renta (30%); también se toma en cuenta el costo incurrido en las inversiones y los gastos administrativos llevados a cabo en la oficina central de la compañía.

De esta manera se consigue construir un flujo económico para cada año; determinando los márgenes operativos finales (después de inversión). Toda esta información se resume en los siguientes cuadros:

TIPOS DE COSTOS	
COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES
Preparación y explotación	Gestion mina
Servicios auxiliares comunes	Trasporte de mineral
Costo planta	Operación y mantenimiento de equipos
Depreciación	Participaión de trabajadores
Costo de comercialización	Prospección
Regalías al gobierno central	Exploración y desarrollo
Impuesto a la renta	
Gastos administrativos Lima	

Cuadro N° 14: Tipo de costos (Fuente: Autor).

11.1. INGRESOS, COSTOS, INVERSIONES Y MARGEN DESPUES DE INVERSION 2012:

FLUJO ECONOMICO AÑO 2012			
		Año 2012	Precios
BALANCE METALURGICO	UND		Au-1500 \$/Oz
TONELAJE	ton	61,500	Cu-3.5 \$/Lb
Ley Au	gr/tm	7.07	
Ley Cu	%	1.61	
Recup. Au	%	86.90	
Recup. Cu	%	79.72	
Total de Oz Eq de Au		18,667	
			\$/tn
VALORIZACION PROGRAMADA	(US\$)	22,394,715	364.14
<b>DETALLE POR CENTRO DE COSTOS</b>			
PREPARACION, EXPLOTACION Y SS.AA		3,846,889.27	62.55
SERVICIOS AUXILIARES COMUNES		612,738.93	9.96
GESTION MINA		3,300,851.35	53.67
TRANSPORTE DE MINERAL		1,508,230.63	24.52
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		732,027.74	11.90
COSTO PLANTA		2,032,389.09	33.05
DEPRECIACION		252,785.02	4.11
COSTO OPERACION (C <sub>1</sub> )		12,285,912.03	199.77



COSTOS DE COMERCIALIZACION	492,000.00	8.00
REGALIAS GOBIERNO CENTRAL (1%)	223,947.15	3.64
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>13,001,859.19</b>	<b>211.41</b>
MARGEN OPERATIVO	9,392,856	152.73
Costo Total US\$/Oz Au Eq	696.50	
PARTICIPACION DE TRABAJADORES (8%)	751,428.50	12.22
IMPUESTO A LA RENTA (I.R=30%)	2,592,428.34	42.15
MARGEN OPERATIVO DESPUES DE I.R	6,048,999	98.36
<b>DETALLE COSTO INVERSIONES</b>		
PROSPECCION	8,313.29	0.14
EXPLORACION Y DESARROLLO	1,305,161.62	21.22
<b>COSTO DE INVERSIONES (C<sub>2</sub>)</b>	<b>1,313,474.91</b>	<b>21.36</b>
GASTOS ADMINISTRATIVOS LIMA	1,584,000.00	25.76
MARGEN OPERATIVO DESPUES DE INVERSIONES	3,151,525	51.24
Costo Inversión US\$/Oz Au Eq	70.36	
Costo Operación + Inversión US\$/Oz Au Eq	766.87	

Cuadro N° 15: Ingresos, costos e inversión – 2012  
(Fuente: Autor)

11.2. INGRESOS, COSTOS, INVERSIONES Y MARGEN DESPUES DE INVERSION 2013:

FLUJO ECONOMICO AÑO 2013			
		Año 2013	Precios
BALANCE METALURGICO	UND		Au-1500 \$/Oz
TONELAJE	ton	72,000	Cu-3.5 \$/Lb
Ley Au	gr/tm	7.35	
Ley Cu	%	1.64	
Recup. Au	%	86.79	
Recup. Cu	%	79.66	
Total de Oz Eq de Au		22,597	
			\$/tn
VALORIZACION PROGRAMADA	(US\$)	26,218,203	364.14
<b>DETALLE POR CENTRO DE COSTOS</b>			
PREPARACION, EXPLOTACION Y SS.AA		4,447,607.84	61.77
SERVICIOS AUXILIARES COMUNES		709,948.03	9.86
GESTION MINA		3,795,008.40	52.71
TRANSPORTE DE MINERAL		1,742,675.49	24.20
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		848,230.53	11.78
COSTO PLANTA		2,337,601.08	32.47
DEPRECIACION		224,697.79	3.12
COSTO OPERACION (C <sub>1</sub> )		14,105,769.17	195.91

COSTOS DE COMERCIALIZACION	576,000.00	8.00
REGALIAS GOBIERNO CENTRAL (1%)	262,182.03	3.64
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>14,943,951.20</b>	<b>207.55</b>
MARGEN OPERATIVO	11,274,252	156.59
<b>Costo Total US\$/Oz Au Eq</b>	<b>661.33</b>	
PARTICIPACION DE TRABAJADORES (8%)	901,940.18	12.53
IMPUESTO A LA RENTA (I.R=30%)	3,111,693.63	43.22
MARGEN OPERATIVO DESPUES DE I.R	7,260,618	100.84
<b>DETALLE COSTO INVERSIONES</b>		
PROSPECCION	9,133.44	0.13
EXPLORACION Y DESARROLLO	1,438,980.48	19.99
<b>COSTO DE INVERSIONES (C<sub>2</sub>)</b>	<b>1,448,113.92</b>	<b>20.11</b>
GASTOS ADMINISTRATIVOS LIMA	1,584,000.00	22.00
MARGEN OPERATIVO DESPUES DE INVERSIONES	4,228,505	58.73
<b>Costo Inversión US\$/Oz Au Eq</b>	<b>64.09</b>	
<b>Costo Operación + Inversión US\$/Oz Au Eq</b>	<b>725.42</b>	

Cuadro N° 16: Ingresos, costos e inversión – 2013  
(Fuente: Autor)

11.3. INGRESOS, COSTOS, INVERSIONES Y MARGEN DESPUES DE INVERSION 2014:

FLUJO ECONOMICO AÑO 2014			
		Año 2014	Precios Au-1500 \$/Oz Cu-3.5 \$/Lb
BALANCE METALURGICO	UND		
TONELAJE	ton	72,000	
Ley Au	gr/tm	7.47	
Ley Cu	%	1.61	
Recup. Au	%	86.79	
Recup. Cu	%	79.66	
Total de Oz Eq de Au		22,795	
VALORIZACION PROGRAMADA	(US\$)	26,218,203	364.14
<b>DETALLE POR CENTRO DE COSTOS</b>			
PREPARACION, EXPLOTACION Y SS.AA		4,447,607.84	61.77
SERVICIOS AUXILIARES COMUNES		709,948.03	9.86
GESTION MINA		3,795,008.40	52.71
TRANSPORTE DE MINERAL		1,742,675.49	24.20
OPERACION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS		848,230.53	11.78
COSTO PLANTA		2,337,601.08	32.47
DEPRECIACION		196,610.57	2.73
COSTO OPERACION (C <sub>1</sub> )		14,077,681.95	195.52

COSTOS DE COMERCIALIZACION	576,000.00	8.00
REGALIAS GOBIERNO CENTRAL (1%)	262,182.03	3.64
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>14,915,863.98</b>	<b>207.16</b>
MARGEN OPERATIVO	11,302,340	156.98
<b>Costo Total US\$/Oz Au Eq</b>	<b>654.33</b>	
PARTICIPACION DE TRABAJADORES (8%)	904,187.16	12.56
IMPUESTO A LA RENTA (I.R=30%)	3,119,445.71	43.33
MARGEN OPERATIVO DESPUES DE I.R	7,278,706.6	101.09
<b>DETALLE COSTO INVERSIONES</b>		
PROSPECCION	9,133.44	0.13
EXPLORACION Y DESARROLLO	1,438,980.48	19.99
<b>COSTO DE INVERSIONES (C<sub>2</sub>)</b>	<b>1,448,113.92</b>	<b>20.11</b>
GASTOS ADMINISTRATIVOS LIMA	1,584,000.00	22.00
MARGEN OPERATIVO DESPUES DE INVERSIONES	4,246,593	58.98
<b>Costo Inversión US\$/Oz Au Eq</b>	<b>63.53</b>	
<b>Costo Operación + Inversión US\$/Oz Au Eq</b>	<b>717.86</b>	

Cuadro N° 17: Ingresos, costos e inversión – 2014  
(Fuente: Autor)

**11.4. VAN DEL PROYECTO:**

VALOR PRESENTE NETO			
INGRESOS	\$26,425,764.27	\$30,937,480.12	\$30,937,480.12
COSTO DE OPERACION	\$12,285,911.55	\$14,105,768.74	\$14,077,681.57
MARGEN OPERATIVO	\$14,139,852.72	\$16,831,711.38	\$16,859,798.55
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$1,584,000.00	\$1,584,000.00	\$1,584,000.00
GASTOS DE VENTA	\$492,000.00	\$576,000.00	\$576,000.00
REGALIAS	\$223,947.15	\$262,182.03	\$262,182.03
PARTICIPACION DE TRABAJADORES	\$751,428.50	\$901,940.18	\$904,187.16
IMPUESTO A LA RENTA (I.R)	\$2,592,428.34	\$3,111,693.63	\$3,119,445.71
FLUJO DE CAJA	\$8,496,048.73	\$10,395,895.54	\$10,413,983.65
INVERSIONES	\$1,313,474.91	\$1,448,113.92	\$1,448,113.92
	\$7,182,573.82	\$8,947,781.62	\$8,965,869.74
	2012	2013	2014
FLUJO DESPUES DE INVERSION	\$7,182,573.82	\$8,947,781.62	\$8,965,869.74
<b>VAN (10%)</b>	<b>\$20,660,664.04</b>		

Cuadro N° 18: Valor actual neto (VAN) del proyecto  
(Fuente: Autor)

VALOR ACTUAL NETO VARIANDO EL PRECIO DE Au Y Cu					
VARIACION DEL PRECIO DEL MINERAL	(-) 20%	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%	(+) 20%
VAN (VALOR ACTUAL NETO = 10%)	10,000,855.18	15,330,759.61	20,660,664.04	25,990,568.47	31,320,472.90
VALOR ACTUAL NETO VARIANDO EL COSTO DE OPERACION					
VARIACION DEL COSTO DE OPERACION	(-) 20%	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%	(+) 20%
VAN (VALOR ACTUAL NETO = 10%)	27,341,352.27	24,001,008.15	20,660,664.04	17,320,319.93	13,979,975.81
VALOR ACTUAL NETO VARIANDO EL COSTO DE INVERSION					
VARIACION DEL COSTO DE INVERSION	(-) 20%	(-) 10%	CASO BASE	(+) 10%	(+) 20%
VAN (VALOR ACTUAL NETO = 10%)	21,356,433.21	21,008,548.63	20,660,664.04	20,312,779.45	19,964,894.86

Cuadro N° 19: Valor actual neto (VAN) con las diversas variantes  
(Fuente: Autor)



## 11.5. SENSIBILIDAD:

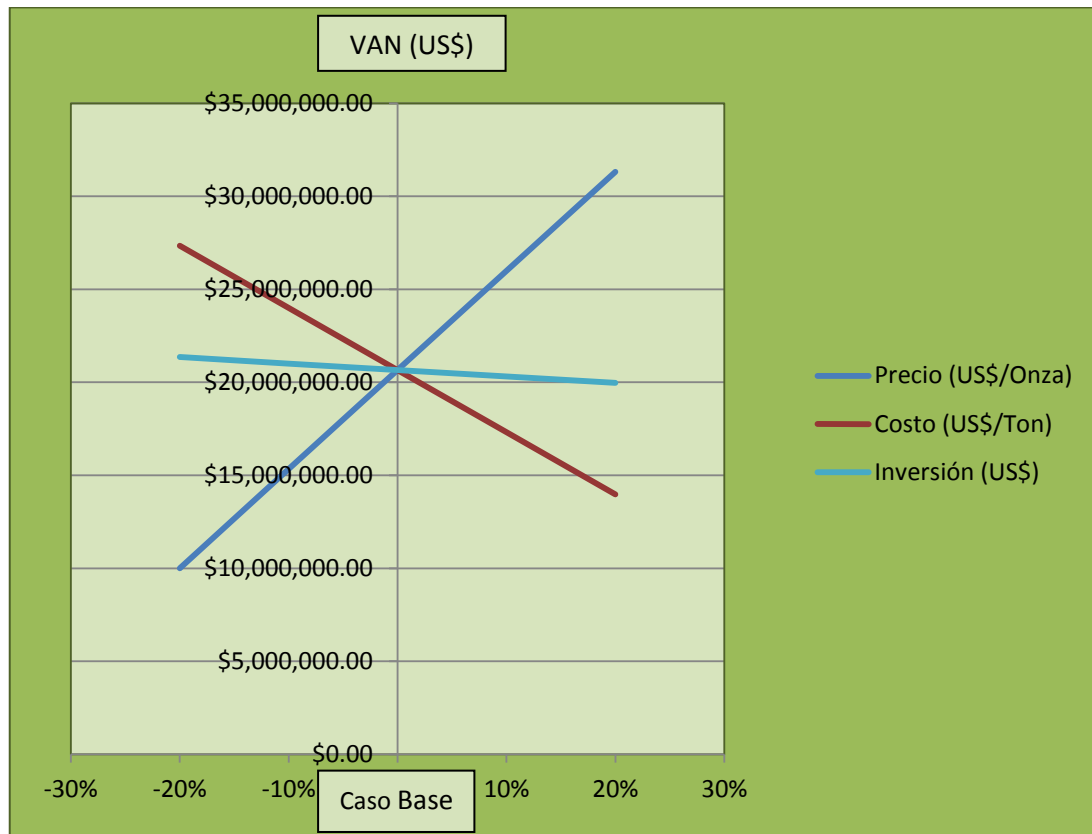


Ilustración N° 16: Gráfico de sensibilidad mediante análisis unidimensional  
(Fuente: Autor)

La ilustración anterior muestra el comportamiento lineal de las tres variables trascendentales del negocio minero: El precio (US\$/Onza), el costo (US\$/Ton) y la inversión (US\$), con las variantes planteadas anteriormente, y los valores actuales netos (VAN) obtenidos respectivamente.

El caso base supone un precio del oro de 1,500 US\$/Onza; un costo de operación en el rango de: 195.52 – 199.77 US\$/Ton y una inversión en el rango de: 1'313,474 – 1'448,113 US\$/año. Empleando una tasa de descuento del 10%; el VAN del proyecto es 20'660,664 US\$.

Se aprecia en el gráfico lineal que en términos comparativos el componente que presenta una mayor pendiente es aquel que está referido a agentes externos (precio del oro), y es el que hace que el valor actual neto (VAN) tenga mayor sensibilidad.

El gráfico lineal nos indica que el segundo componente en términos comparativos, más relevante es el costo de operación; ante la variación en +,- 10% de dicho costo se llega a aumentar o disminuir el valor actual neto en US\$ 3'340,344.11; ésta

es una variable interna al negocio minero, y que podría hasta cierto punto ser controlada.

Asimismo el gráfico lineal correspondiente al costo de inversión; permite observar una menor variación en cuanto al valor actual neto (+, - US\$ 347, 884. 59) al variar en +, - 10% el valor del costo de inversión. Esta variable definitivamente también puede ser controlada al ser un agente interno en el proceso productivo integral.



## CAPITULO XII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 12.1. CONCLUSIONES:

- Las reservas y recursos minerales calculados hasta el momento, aseguran la vida de la mina para los próximos 18 meses. La ejecución de taladros diamantinos podrían confirmar el crecimiento de las reservas.
- La entrada en operación de la veta Dulce significa un considerable aumento en cuanto a la producción, incrementando del volumen inicial de 4500 Ton/mes a 6000 Ton/mes.
- El método de minado más adecuado es el de corte y relleno; debido principalmente, a que se tiene una mayor selectividad, aspecto fundamental dada la potencia de las vetas en mina Esperanza (promedio: 0.52 m).
- Es fundamental para llegar a cubrir el programa establecido el correcto seguimiento de las etapas del ciclo de minado, logrando mejorar la eficiencia en los procesos unitarios respectivos.
- Dentro de las variables involucradas en el negocio minero (precio del metal, costo de producción y costo de inversión) el que toma un papel protagónico dependiendo del contexto externo es el precio del metal involucrado, logrando obtener mayores márgenes de ganancia en contextos favorables. Por otra parte el rol que desempeñan las variables costo de producción y costo de inversión son internas dentro del negocio minero, pudiendo ser controlado el efecto respectivo. Siendo la mas importante, el costo de producción.
- La mínima variación del costo de operación (+,- 10%) conlleva a un cambio significativo en cuanto al valor actual neto (+,- US\$ 3' 340, 344.11); por lo que se concluye que es de vital importancia controlar de la mejor manera esta variable económica en las operaciones mineras.
- Una variación en el costo de inversión (+,- 10%) conlleva a un cambio menor en cuanto al valor actual neto (+,- US\$ 347, 884. 59), mostrando así esta variable su baja sensibilidad comparativamente, dentro del proceso productivo integral (mina, planta).

## 12.2. RECOMENDACIONES:

- Continuar con los trabajos de exploración mediante perforaciones diamantinas ayudará con el crecimiento sostenido de Recursos minerales que posteriormente podrían pasar a ser Reservas de Mena, información de gran importancia también en la elaboración de un planeamiento con mayor detalle y exactitud.
- Se recomienda llevar a cabo el aumento de volumen de producción como se plantea en la presente tesis, aprovechando que se tienen 17 vetas en la unidad y el elevado precio que presentan los metales involucrados (Au, Cu).
- La planificación del Corte y Relleno Ascendente en las vetas Aurora, Gisela, Carmen y Dulce principalmente y la presencia de una empresa contratista con alto rendimiento en cuanto a avances y producción, con equipos de alta disponibilidad mecánica es un tema urgente e inmediato, para cumplir este planeamiento en los tiempos mostrados.
- El control diario de los costos por área, de acuerdo al programa (flujos económicos), llevara al éxito del proyecto, para ello se recomienda implementar un área de costos independientemente en mina Esperanza, lo cual controlara los mismos de acuerdo al planeamiento.
- A partir del flujo económico y del grafico de sensibilidad se recomienda maximizar la inversión en exploraciones (aumentar el horizonte de reservas) mientras que se tengan contextos externos atractivos (precio de metal: Au).

## BIBLIOGRAFIA

- Doctora Silvia Rosas Lizárraga – Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de Minas (2005). “Apuntes del curso Geología de minas”.
- Australian Institute of Geoscientists- Australasian code for reporting of identified mineral resources and ore reserves, “The Jorc Code (2004)”
- Ing. Mario del Rio Amézaga – Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de Minas (2006). “Apuntes del curso Minería Subterránea”.
- Ing. Carmen Quiroz Fernández – Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de Minas (2007). “Apuntes del curso Ingeniería Económica”.
- Ing. Fernando Gala Soldevilla – Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de Minas (2008). “Apuntes del curso Valorización Minera”
- Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas en minería subterránea – Sociedad nacional de minería, petróleo y energía. (SNMPE)
- Tesis: Planeamiento minero de Corporación minera Castrovirreyna – Jesús García Dávila.
- Tesis: Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cia. Minera Condestable S.A – Zoila Baldeon Quispe.
- Tesis: Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura – Oscar Jáuregui Aquino.