

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

"PLANEAMIENTO DE MINADO SUBTERRÁNEO PARA LA ZONA DE MANTOS, KZ - ICM PACHAPAQUI S.A.C."

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. MEJIA DOLORES, Yony Bequer

ASESOR:

MSc. Ing. TORRES YUPANQUI, Luis Alberto

HUARAZ - PERÚ 2019



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:			
Apellidos y Nombres:	MEJIA DOLORES YONY BEQUER		,
Código de alumno:	96.3919.9UC	Teléfono:	978397128
E-mail:	yohnny_7@hotmail.com	D.N.l. n°:	80126664
		(En caso haya más	s autores, llenar un formulario por autor)
2. Tipo de trabajo de in	vestigación:		
Tesis		Trabajo	de Suficiencia Profesional
Trabajo Acad	émico	Trabajo	de Investigación
Tesinas (pres	entadas antes de la publicación de	la Nueva Ley Univer	rsitaria 30220 – 2014)
3. Para optar el Título P	rofesional de:		
INGENIERO DE MINA	S		
4. Título del trabajo de	MINIADO SURTERRANEO PARA LA	ZONA DE MANTOS	
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I 7. Asesor:	MINADO SUBTERRANEO PARA LA ería de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO	a	D.N.I n°: 08085204
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I	ería de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO	a)	
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I 7. Asesor: Apellidos y nombres E-mail: latorresy@g 8. Referencia bibliográf	ería de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO mail.com ID	a)	D.N.I n°: <u>0</u> 8085204
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I 7. Asesor: Apellidos y nombres E-mail: latorresy@g 8. Referencia bibliográf 9. Tipo de acceso al Doc	ría de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO mail.com ID ica: Tesis en formato APA	a)	D.N.I n°: <u>0</u> 8085204
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I 7. Asesor: Apellidos y nombres E-mail: latorresy@g 8. Referencia bibliográf 9. Tipo de acceso al Dog	ría de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO mail.com ID ica: Tesis en formato APA cumento: o* al contenido completo. Acceso	a)	D.N.I n°: <u>0</u> 8085204
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I 7. Asesor: Apellidos y nombres E-mail: latorresy@g 8. Referencia bibliográf 9. Tipo de acceso al Dog	ría de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO mail.com ID ica: Tesis en formato APA	a)	D.N.I n°: <u>0</u> 8085204
"PLANEAMIENTO DE 5. Facultad de: Ingenie 6. Escuela o Carrera: I 7. Asesor: Apellidos y nombres E-mail: latorresy@g 8. Referencia bibliográf 9. Tipo de acceso al Do Acceso públic restringido** Si el autor eligió el tip no exclusiva, para que	ría de Minas, Geología y Metalúrg NGENIERÍA DE MINAS TORRES YUPANQUI LUIS ALBERTO mail.com ID ica: Tesis en formato APA cumento: o* al contenido completo. Acceso	a la Universidad Santi a la Universidad Santi	D.N.I n°: <u>0</u> 8085204 ago Antúnez de Mayolo una licenci dirlo en el Repositorio Instituciona



10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz, 26/11/2020

irma: _____

Vafillas Wiliam Eduardo Asistente en Informática y Sistemas

- UNASAM -

^{*}Acceso abierto: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

^{**} Acceso restringido: el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

" Una Nueva Universidad para el Desarrollo" FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS. GEOLOGIAY METALURGIA



DIRECCIÓN DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las once horas y treinta minutos de la mañana (11:30 a.m.) del día Veintiseis de Noviembre del Dos mil veinte (26/11/2020), se reunieron los miembros del jurado calificador nominados según Resolución Nro. 208-2019-FIMGM/CF, de fecha 11 de Setiembre del 2019, integrado por los siguientes Docentes: Dr. Ing. JAVIER ENRRIQUE SOTELO MONTES, como Presidente; M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO, como Secretario y el Dr. Ing. FLAVIO AUGUSTO RAMOS AQUIÑO, como Vocal; para la sustentación de la tesis Titulada: "PLANEAMIENTO DE MINADO SUBTERRANEO PARA LA ZONA DE MANTOS, KZ -ICM PACHAPAQUI S.A.C" presentado por el Bachiller YONY BEQUER MEJIA DOLORES, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados v Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N° 208-2019-FIMGM/CF de fecha 11 de Setiembre del 2019. Acto seguido invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20). concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditórium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: QUINCE (15) Siendo las doce horas y siete minutos (12:07p.m) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTO por el Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO DE MINAS** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la UNASAM.

Dr. Ing. JAVIER ENRRIQUE SOTELO MONTES

Presidente

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO

Secretario

Dr. Ing. FLAVIØ AUGUSTO RAMOS AQUIÑO VOCAL

amos

Vocal

M.Sc. Ing. Lui\$ Alberto Torrees Yupanqui

≫Ase\$or

(*) De acuerdo con el Artículo 84º Reglamento de Grados y Títulos de la UNASAM, están deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17-18), APROBADO (14-16), **DESAPROBADO** (00-13).



UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

^{ee} Una Nueva Universidad para el Desarrollo" FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS. GEOLOGIAY METALURGIA



DIRECCIÓN DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: "PLANEAMIENTO DE MINADO SUBTERRANEO PARA LA ZONA DE MANTOS, KZ - ICM PACHAPAQUI S.A.C" presentado por el Bachiller YONY BEQUER MEJIA DOLORES, y sustentada el día 26 de Noviembre del 2020, por Resolución de Consejo de Facultad № 208-2019-FIMGM-/CF, la declaramos CONFORME.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 26 de Noviembre del 2020

Dr. Ing. JAVIER ENRRIQUE SOTELO MONTES Presidente

Dr. Ing. FLAVIO AUGUSTO RAMOS AQUIÑO Vocal

M.Sc. Ing. ARNALDO ALEJANDRO RUIZ CASTRO Secretario

M.Sc. Ing. LUIS ALBERTO TORRES YUPANQUI

Asesor

DEDICATORIA

A dios por guiarme por el camino correcto, porque nunca me ha abandonado, gracias por darme una linda familia y permitirme conocer a excelentes profesores y amigos.

A mis padres Fidencio Mejía Loarte y Elena Sofía Dolores Ruíz.

AGRADECIMIENTO

En mi corazón existe un inmenso agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de minas, geología y metalurgia de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por haberme acogido y formado como ingeniero de minas.

A mis compañeros de aula por haberme apoyado y enseñado durante mis años como alumno de la universidad, a mis padres que gracias a elles soy lo que soy.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado "Planeamiento de minado subterráneo para la zona de Mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.", nace de la pregunta ¿El planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C, permitirá el desarrollo óptimo del minado e incrementar la producción inicial de 675 tpd, hasta 3,300 tpd, que es proyectada al año 2020?

El objetivo general es el de realizar el planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

Se justifica porque La necesidad de extraer los recursos mineros de la zona de mantos en la mina Pachapaqui con las técnicas modernas para lograr una explotación eficaz y eficiente demuestra que existe la necesidad de aplicar todos los conocimientos del modelamiento y así poder realizar el planeamiento a largo, mediano y corto plazo con la idea de mejorar la explotación minera, minimizando los costos de producción y maximizar los ingresos.

Se concluyó que se realizó el planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

PALABRAS CLAVES

Planeamiento de minado subterránea, zona Mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

ABSTRACT

The present research work entitled "Underground mining planning for the area of Mantos, KZ - ICM Pachapaqui SAC", is born from the question ¿The planning of underground mining for the area of mantos, KZ - ICM Pachapaqui SAC, will allow the optimal development of mining and increase the initial production of 675 tpd, up to 3,300 tpd, which is projected to the year 2020?

The general objective is to carry out the planning of underground mining for the mantle zone, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

It is justified because the need to extract mining resources from the area of mantles in the Pachapaqui mine with modern techniques to achieve efficient and efficient exploitation shows that there is a need to apply all the knowledge of modeling and thus be able to carry out long-term planning, medium and short term with the idea of improving mining exploitation, minimizing production costs and maximizing revenues.

It was concluded that the planning of underground mining for the mantle zone, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C

KEYWORDS

Planning of underground mining, Mantos area, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

ÍNDICE

DEDI	CATOR	RIA	ii
AGR/	ADECIN	MIENTOi	iii
RESU	MEN		iv
ABST	RACT		v
ÍNDIC	CE		vi
TABL	AS		X
FIGU	RAS	x	ii
INTR	ODUC	CIÓNxi	iii
CAPI	TULO I	: GENERALIDADES	1
1.1	Entorn	10 Físico	1
	1.1.1.	Ubicación y acceso	1
	1.1.2.	Geomorfología	3
	1.1.3.	Clima y meteorología	3
1.2	Entorn	no Geológico	3
	1.2.1.	Geología regional	3
		1.2.1.1. Estratigrafía	5
	1.2.2.	Geología local	7
	1.2.3.	Geología estructural	0
	1.2.4.	Geología económica	. 1
CAPI	TULO I	I: FUNDAMENTACIÓN1	.6
2.1.	Marco) Teórico 1	.6
	2.1.	Antecedentes de la investigación	6
	2.2.	Fundamentación teórica	20

		2.2.1. Planeamiento de Minado	20
		2.2.2. Planeamiento a largo plazo	20
		2.2.3. Planeamiento de minado a mediano plazo	21
		2.2.4. Planeamiento de minado a corto plazo	21
		2.2.5. La Estimación de Recursos	23
		2.2.6. Código de Australasia para Informar sobre Recursos Minerales y	
		Reservas de Mina (el Código JORC)	25
		2.2.7. Cálculo de Reservas en Minas Subterráneas	31
		2.2.8. Diseño de mina	32
		2.2.9. Objetivos de la planificación	35
		2.2.10.Ciclo de planeamiento de minado	36
		2.2.11.Preguntas básicas del planeamiento	39
		2.2.12.Elementos del planeamiento	41
		2.2.13.Parámetros y variables del planeamiento	43
		2.2.14.Programación y control en planeamiento de minado	46
	2.3.	Definición de Términos	56
CAPI	TULO	III: METODOLOGÍA	63
3.1.	El Pr	oblema	63
	3.1.1.	Identificación y selección del problema	64
	3.1.2.	Formulación del Problema	65
	3.1.3.	Objetivos de la investigación	65
		3.1.3.1. Objetivo General	65
		3.1.3.2. Objetivos Específicos	65
	3.1.4.	Justificación	66
	3.1.5.	Importancia	66

	3.1.6. Delimitación	66
	3.1.7. Limitaciones	67
	3.1.8. Alcances	67
3.2.	Hipótesis	67
3.3.	Variables	67
	3.3.1. Operacionalización de variables	68
3.4.	Diseño de la investigación	68
	3.4.1. Tipo de investigación	68
	3.4.2. Nivel de la investigación	68
	3.4.3. Diseño de investigación	68
	3.4.4. Método	69
	3.4.5. Población y muestra	69
	3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	69
	3.4.7. Instrumentos de recolección de datos	70
	3.4.7. Metodología de recolección de datos	70
CAPI	TULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	73
4.1	Descripción de la realidad y procesamiento de datos	73
4.2	Planeamiento de minado subterránea para la zona de mantos, KZ - ICM	
Pache	npaqui S.A.C	75
	4.2.1. Explotación de la Zona de Mantos	75
4.3	Investigaciones geomecanicas	89
4.4	Discusión de resultados	133
4.5	Aportes del tesista	134
CON	CLUSIONES	135
RECO	DMENDACIONES	136

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
ANEXO	139
ANEXO N° 01: Matriz de consistencias	140

TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables	37
Tabla N° 2: Operacionalización de variables	68
Tabla N° 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	69
Tabla N° 4: Reservas zona Gayco	76
Tabla N° 5: Programa de exploraciones y Desarrollos	77
Tabla N° 6: Programa de Perforación Diamantina	78
Tabla N° 7: Calculo del Tonelaje Explotable para la Zona 1	79
Tabla N° 8: Inversión en equipos	80
Tabla N° 9: Requerimiento de Materiales	81
Tabla N° 10: Requerimiento de Materiales	82
Tabla N° 11: Cronograma de Planificación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud ocupacional	83
Tabla N° 12: Sistemas de discontinuidades estructurales	91
Tabla N° 13: Criterio para la clasificación de la masa rocosa	96
Tabla N° 14: Criterio para la clasificación del mineral	96
Tabla N° 15: Calidad de la masa rocosa por tipo de roca	98
Tabla N° 16: Resumen de la zonificación geomecánica Mina Pachapaqui	102
Tabla N° 17: Propiedades de resistencia de la masa rocosa	104
Tabla N° 18: Aberturas máximas de las excavaciones permanentes	108
Tabla N° 19: Sostenimiento para labores de avance permanentes (3.5 a 4.5 m)	110
Tabla N° 20: Sostenimiento para labores de avance temporales	111
Tabla N° 21: Aberturas máximas y tiempos de auto-sostenimiento para tajeos	111
Tabla N° 22: Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m) – Zona de Mantos	114
Tabla N° 23: Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m) – Zona de Brechas	116

Tabla N° 24: Estimación de la longitud en la caja techo de los tajeos, (Para diferentes espeso	ores de caballo
estéril)	119
Tabla N° 25: Métodos de minado subterráneo en orden de costos	121

FIGURAS

Figura N° 1:Mapa de ubicación de la mina Pachapaqui
Figura N° 2: Geología regional del área de Pachapaqui.
Figura N° 3: Estratigrafía del área de Pachapaqui.
Figura N° 4: Proceso de planificación de minado.
Figura N° 5: Rentabilidad vs tonelaje de minado.
$\label{eq:policy} \textit{Figura N}^{\circ} \; 6 \text{: Diagrama estereográfico de contornos del compósito de fallas (plano geológico)}. \\ \dots \\ 91$
Figura N° 7: Diagrama estereográfico de planos principales del compósito de fallas
Figura N° 8: Diagrama de roseta del compósito de fallas
Figura N° 9: Diagrama estereográfico de contornos del compósito de discontinuidades
Figura N° 10: Vista esquemática en planta de la distribución de sondajes en el área del proyecto con el uso
del software Mine Sight. 99
Figura N° 11: Vista esquemática en 3D de la distribución de sondajes en el área del proyecto con el uso del
software Mine Sight
Figura N° 12: Zonificación geomecánica en 3D de Zonas de Mantos y Brechas
Figura N° 13: Ejemplo de zonificación geomecánica – Vista de planta Nv. 4260
Figura N° 14: Ejemplo de zonificación geomecánica – Sección transversal 10
Figura N° 15: Guía para el sostenimiento de excavaciones permanentes
Figura N° 16: Gráfico de estabilidad

INTRODUCCIÓN

ICM Perú es la empresa minera que posee y explota la mina de zinc, cobre, plomo y plata de la mina Pachapaqui, que se emplaza 240 km al norte de Lima. British International Consolidated Minerals (ICM) fundó la empresa en 2005 y en 2010, la compró Korean Zinc Group por US\$47,5mn. Con la finalidad de extraer los minerales de la zona de los Mantos y brechas, es necesario realizar el planeamiento de minado que determinara el método o métodos de explotación subterránea para logra minar con costo óptimos y económicos maximizando su rentabilidad.

El planeamiento de minado a corto, mediano y largo plazo se determina para los lineamientos técnicos para el correcto minado subterráneo.

La tesis tiene la siguiente estructura de:

La dedicatoria; el agradecimiento, el resumen, el abstract, índice general, de tablas, de figuras y la introduccion.

Capítulo I, generalidades, en este capítulo se detalla temas referentes al entorno físico con la ubicación y el acceso, la geomorfología y el clima y la meteorología también se trata sobre el entorno geológico con la geología regional la geología local, la geología estructural y la geología económica.

El Capítulo II, trata sobre la fundamentación con el marco teórico, los antecedentes de la investigación, la fundamentación teórica y la definición de términos.

El Capítulo III, trata la Metodología, con el problema, la identificación y selección del problema, la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación, la importancia, la delimitación, las limitaciones, los alcances, la hipótesis, las variables, la operacionalización de las variables y el diseño de la investigación.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados de la investigación, con la descripción de la realidad y procesamiento de datos, el planeamiento de minado subterránea para la zona de mantos KZ, ICM Pachapaqui S.A.C., las investigaciones geomecánicas, la discusión de resultados y el aporte del tesista, Luego se presentan las conclusiones, las recomendaciones, las referencias y los anexos.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Entorno Físico

1.1.1. Ubicación y acceso

La Mina Pachapaqui se ubica en la Cordillera de los Andes, en un cinturón de rocas conocido como Provincia del Mioceno Metalogénico o Cinturón Mineral Central, en las coordenadas 275,600E y 8'902,200N, a una altitud de 4,300 msnm. A 6 km hacia el SW se encuentra el campamento y la planta a una altitud de 3,900 msnm. Geopolíticamente se sitúa en el distrito de Aquia, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash. (Ver figura N° 1 mapa de ubicación de la mina Pachapaqui)

Se puede acceder a Pachapaqui siguiendo la ruta Lima – Pativilca (204 km) por la carretera Panamericana Norte, para luego ascender hacia el NE hasta el poblado de Conococha (120 km), desde donde se toma el desvío al

Este – carretera a la mina Antamina a 40 km hasta llegar al poblado de Pachapaqui. Toda la ruta está asfaltada. (Departamento de geología, 2010).

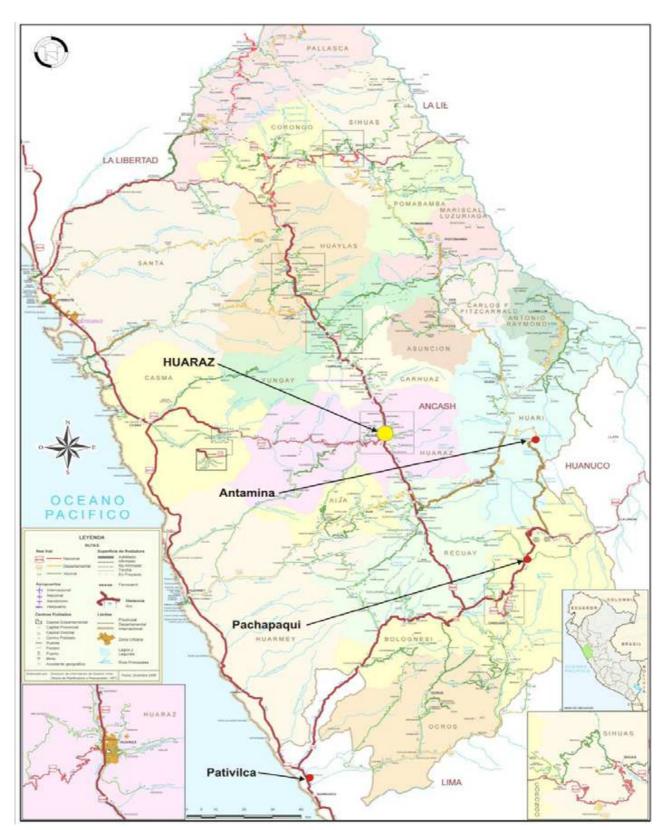


Figura N° 1:Mapa de ubicación de la mina Pachapaqui.

Fuente: Departamento de geología, 2010.

1.1.2. Geomorfología

El área de Pachapaqui es típica de la Cordillera Blanca de los Andes, con superficies escarpadas y accidentadas. El valle Minaspata, donde se ubica Pachapaqui corresponde a la Región Puna, con un ancho que varía entre 300 a 500 m y es relativamente plana. Las montañas que rodean este valle son muy empinadas con picos en la cabecera del valle llegando a más de 5.000 msnm, donde se aprecian glaciares y depósitos glaciares que forman morrenas. Así también la zona involucrada con el proyecto presenta lagunas de origen glacial. (Departamento de geología, 2010).

1.1.3. Clima y meteorología

El clima en la zona de Pachapaqui es típico de la Región Sierra. Las temperaturas típicas varían de -7 a 21 ° C. La temporada de lluvias normalmente se extiende desde finales de diciembre hasta abril. La vegetación es escasa y consiste principalmente de pastos, arbustos, musgos y pequeños bosques del área protegida, con flores de cactus Puya Raimondi junto a la carretera de grava que conduce a la mina. (Departamento de geología, 2010).

1.2 Entorno Geológico

1.2.1. Geología regional

Litológicamente se puede apreciar que predominan las unidades sedimentarias con una orientación NW-SE, contando además con la presencia de intrusivos a modo de diques dioríticos y félsicos, así como brechas, cuyos contactos han originado rocas metamórficas. Ver Figura N° 2, Geología regional del área de Pachapaqui.

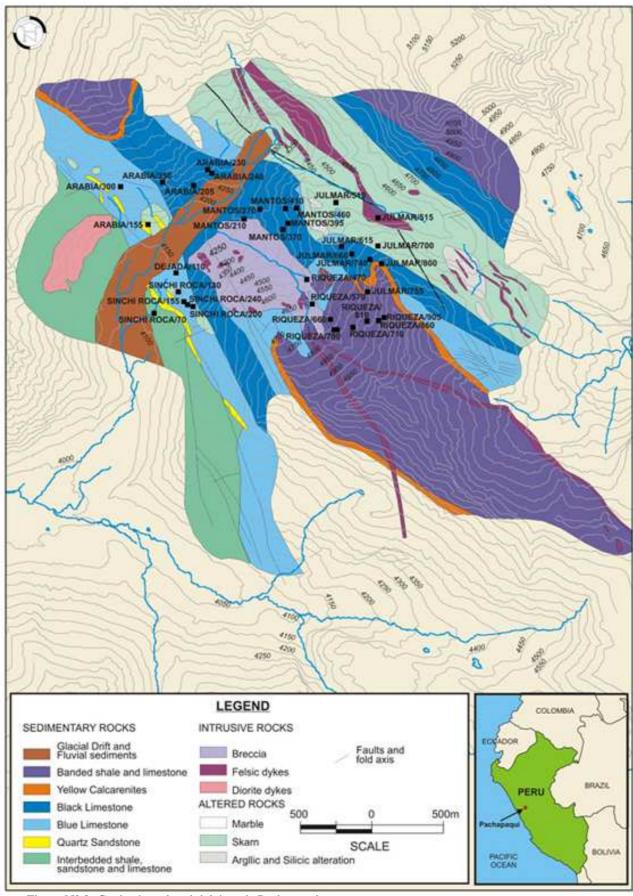


Figura N° 2: Geología regional del área de Pachapaqui.

Fuente: Departamento de geología, 2010.

La unidad estratigráfica más antigua es la Formación Carhuaz compuesta por lutitas, areniscas y calizas. Sobreyace la Formación Farrat compuesta por areniscas cuarzosas. Luego la Formación Pariahuanca compuesta por calizas azuladas de grano fino y calizas negras intercaladas con lutita bituminosa bandeada. Sobreyace la Formación Chulec compuesta por calizas con niveles de lutitas calcáreas, entre estas se aprecian cuerpos brechosos. En el tope se encuentra la Formación Pariatambo compuesta por calizas negras intercaladas con chert. Todas estas unidades corresponden al Cretáceo Inferior. (Departamento de geología, 2010).

1.2.1.1. Estratigrafía

La estratigrafía de las rocas sedimentarias expuestas en la mina Pachapaqui ha sido tomada de la apreciación de campo, de la Columna Estratigráfica Regional, de la Columna Estratigráfica Generalizada del Perú Central - Cordilleras Occidental y Oriental, y de Merino (2002), quien reconoce cinco unidades litoestratigráficas.

Estas unidades son las siguientes (Ver Figura N° 3).

Cretáceo Inferior

Formación Cahuaz – Grupo Goyllar – Arabia Sur:

Constituida de lutitas fosilíferas con intercalaciones de areniscas, yeso y capas delgadas de calizas en la parte inferior. Contiene fósiles que indican una edad Valanginiano Superior. Tiene una potencia aproximada de 450 m.

Formación Farrat – Grupo Goyllar – Arabia Sur:

Constituida por bancos de areniscas y cuarcitas grises blanquecinas con estratificación cruzada, intercaladas con lutitas grises a pardo rojizas. Su edad corresponde al Aptiano. Tiene una potencia aproximada de 35 m.

Formación Pariahuanca - Arabia Central y Sector Mantos:

Constituida por calizas arenosas, gris pardas, intercalados con lutitas y areniscas de colores pardo amarillentas y rojizas. Existe un cambio de facie sedimentario en sentido Oeste a Este, pasando a secuencias más continentales que se adelgazan hacia la Cordillera Oriental donde desaparecen lateralmente. Edad: Albiano inferior. Potencia aproximada de 370 m.

Formación Chulec - Riqueza:

Constituido por calizas, areniscas calcáreas, margas y lutitas de color blanquecino a gris parduzco y calizas margosas de color pardo amarillento en la parte superior. Su edadcorresponde al Albiano Medio. Tiene una potencia aproximada de 70 m.

Formación Pariatambo - Riqueza:

Constituida por calizas de color oscuro a negras, bituminosas, fétidas, intercaladas con margas y lutitas calcáreas de color gris oscuro. Su edad corresponde al Albiano Superior. Tiene una potencia aproximada de 270m. (Departamento de geología, 2010).

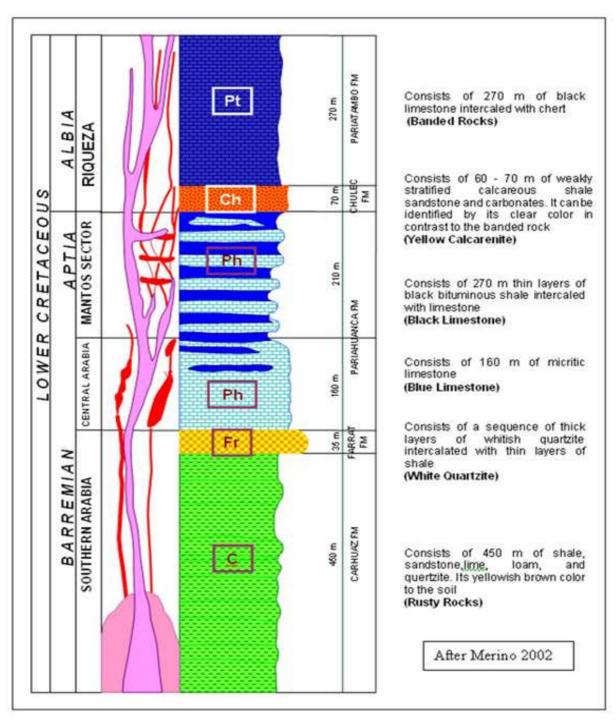


Figura N° 3: Estratigrafía del área de Pachapaqui. Fuente: Departamento de geología, 2010

1.2.2. Geología local

Se tiene horizontes de caliza gris, caliza egra, caliza gris skarnizada, skarn, brecha calcárea y brecha volcánica; estas calizas se presentan como gradaciones sin orientación preferencial alguna. Se aprecia también que la

zona está muy fallada debido al tectonismo compresivo que ha sufrido toda la zona, estando mineralizadas varias de estas fallas. Muchas de estas fallas mineralizadas y mantos mineralizados presentan alteraciones como sericitización, cloritización, argilización y oxidación.

Estos horizontes han controlado el emplazamiento de los mantos Esperanza (al techo), Intermedio (parte central), Matter (al piso) y el Cuerpo de Brecha, los cuales se encuentran intercalados con las capas sedimentarias. Los mantos presentan una composición litológica heterogénea a modo de pequeñas capas con espesor de centímetros, pudiéndose ver roca estéril intercalada con fallas, estructuras mineralizadas y material bituminoso hasta tramos donde se estrangulan los mantos. Así también la alteración es variable presentando en algunas argilización, cloritización, sericitización, oxidación, hasta ninguna en las zonas donde se estrangula. El Cuerpo de Brecha presenta composición calcárea con alteración tipo oxidación a nula.

La geología que aquí se describe está basada en las observaciones de campo, en informes previos y en las apreciaciones del trabajo realizado por la consultora SRK. Es conveniente tener presente las siguientes apreciaciones hechas por SRK:

Hay dos formaciones de caliza: Pariahuanca y Pariatambo, las que están separadas por lutitas menores discontinuas y areniscas de la Formación Chulec. Todas estas formaciones son consideradas contemporáneas con el carbonato gris del Pariahuanca, que representa una facie proximal a la más oscura y más distal, Formación Pariatambo. Este contraste litológico parece tener relación con la mineralización, que es más concentrada y con

presencia de vetas en la caliza gris más clara y disminuyen al pasar al carbón más rico y caliza negra.

Rodeado por las varias zonas mineralizadas esta un cuerpo ovoide de brechas de unos 900 m de largo y 500m de ancho. Este comprende fragmentos gruesos (de hasta 30 cm) a finos, en su mayoría angular, de litología distinta en el área (incluyendo algunos fragmentos de pirita mineralizada) dentro de una matriz de lo que parece ser el mismo material. Esto ha sido identificado por los geólogos como una diatrema o brecha volcánica. En opinión de SRK no parece que sea, ya que no muestra evidencia de origen volcánico como texturas de recocido y muy poco de ser una diatrema ya que no hay evidencia visual de aureolas termales o hidrotermales alrededor de los cuerpos de brecha o clastos individuales. Como la brecha aloja potentes zonas de mineralización es importante comprender su origen.

De las observaciones de campo estas brechas parecen ser en parte de origen tectónico y sedimentario, con algunos fragmentos litificados. Los contactos observados están cizallados pero la edad de esta cizalla es incierta, y en particular si es posterior a la brecha o es parte del evento de brechamiento o ambas cosas. En uno de los socavones la composición de los clastos cambia de predominantemente intrusivo félsico a caliza, lo que refleja la litología a ambos lados de este cuerpo y las vetas intrusivas de la brecha, también se ha observado que toda esta evidencia apoya un origen tectónico. En otros lugares los contactos sugieren discontinuidad con el relleno sedimentario de topografía kárstica en la caliza, con pináculos de caliza que sobresalen de 1 a 2 m en la brecha, los cuales también podrían

atribuirse al colapso del techo de una cavidad de solución. En esta zona los contactos están afilados y sin alteración evidente. Finalmente en superficie, la brecha tiene la apariencia de guijarros de caliza cementada. Todo esto se puede atribuir a la litología en el cuerpo de brecha asignada.

Hay una serie de intrusiones félsicas del Terciario cortando a través de las calizas que han generado zonas de skarn y aureolas termales alrededor de otras litologías. Estos diques intrusivos de forma irregular y los cuerpos de poca profundidad están expuestos en superficie y bajo tierra en los socavones, particularmente alrededor de la zona mineralizada Mantos. La mayoría de las intrusiones vistas están casi desprovistas de minerales máficos y es probable que sean tonalitas o cuarzo granodioritas.

A pesar de la alteración alrededor de todo el intrusivo félsico, principalmente en forma de exoskarn, hay un desarrollo menor de endoskarn dentro de estos cuerpos. Una amplia zona de skarn se ha definido alrededor de una gran intrusión al noreste de los yacimientos Mantos. (Departamento de geología, 2010).

1.2.3. Geología estructural

Los paquetes de rocas sedimentarias están plegados a lo largo de un eje N a W (N30°W) con un cierre a veces muy visible en el NE de la Zona de Arabia. Se ha mapeado solo una falla a nivel regional (fuente Informe SRK) pero a nivel local se tiene mayor información estructural, especialmente en la Zona de Mantos y Zona de Brechas. A pesar de esto hay cizallas principales pasando a través del área con una amplia zona de lo que parece ser una deformación frágil en el Este del plano axial. Esta cizalla también

parece ser cortada por una falla posterior que parece ser mineralizada.

Parece probable que la zona este ampliamente fallada, lo cual es de esperar dada la historia tectónica de la zona.

La zona del proyecto actual de la Mina Pachapaqui (Manto Esperanza, Manto Intermedio. Manto Matter y el Cuerpo Brecha), presenta una orientación N30°-50°W/40°-70°SW, correspondiendo los valores más altos de buzamiento a los niveles superiores y los bajos a los niveles inferiores, coincidente con la estratificación de las capas sedimentarias y controladas fuertemente por el plegamiento de la zona que dio origen al Sinclinal de la Mina Pachapaqui, típico de mineralizaciones tipo manto.

El sistema principal de fracturamiento es el determinado por la estratificación con orientación N30°-50°W/40°-70°SW, la cual tiene asociada vetas-fallas, fallas y diques, también se tiene el sistema de fracturamiento con orientación E-W/50°-70°N, el cual tiene asociado fallas.

La estructura mineralizada tipo manto presenta un comportamiento tipo "rosario" estrangulándose o disminuyendo su potencia en algunos tramos y ampliándose esta en otros, alcanzando potencias que varían de 0.0 m a 7.0 m en los Mantos y 48.0 m en la Brecha. (Departamento de geología, 2010).

1.2.4. Geología económica

Yacimientos

Los depósitos son de origen hidrotermal y abarcan desde vetas que parecen ser fracturas tensionales (Arabia, Julmar y Riqueza), depósitos de reemplazamiento alargados con menor vetilleo (Sección Mantos) hasta semi-estratoligados tabulares. Además, existen zonas de brecha

recientemente descubiertas, con alteración extensa, brechas gruesas que se presentan con buzamiento menor que los depósitos tipo Mantos. En todos ellos, hay generalmente una estrecha relación entre la mineralización y las aureolas metamórficas / metasomáticas alrededor de cuerpos intrusivos. Las zonas económicas parecen estar restringidas principalmente a la caliza gris de la Formación Pariahuanca.

En Arabia, Julmar y Riqueza las vetas muestran dos orientaciones principales, pero otras también están presentes. Además, hay cuerpos tipo chimenea o zonas brechosas donde estas vetas se intersectan. Las vetas individuales pueden ser de hasta 450 m en la estratificación (Riqueza) y tienen aún mayores dimensiones en las zonas de bajo buzamiento. Las vetas tienden a ser fuertemente inclinadas y tienen un ancho muy variable, la intensidad y grado de la mineralización son irregulares, típico de la actividad epitermal polimetálica. La excepción es la sección Mantos que buza alrededor de 45° SW.

Mineralización

La asociación mineral típica consiste de galena + esfalerita + Ag + tetraedrita + sulfosales + calcopirita en ganga de cuarzo, calcita, rodocrosita, rhodonita, pirita, pirrotita y marcasita.

Los contenidos de los distintos cuerpos de mineral parece ser dependientes de la roca huésped, la proximidad a cuerpos intrusivos y el tipo de estructura huésped. La proximidad a los intrusivos (o la fuente de la mineralización) es también una función de la elevación y estas vetas y cuerpos de reemplazamiento tienden a mostrar una zonificación de los

minerales metálicos y de ganga. Sin embargo, esto aún no se ha definido en detalle.

Las zonas mineralizadas se agrupan en cuatro áreas:

- 1. San Antonio.
- 2. Arabia.
- 3. Riqueza / Julmar y
- 4. Mantos.

Los cuales ocurren en la vecindad al cuerpo de Brecha. Estas agrupaciones se definen por las rocas huésped, las estructuras portantes de mineral y su ubicación relativa

- 1. San Antonio.- Consiste en vetas-fallas rellenadas, hospedadas en calizas de grano fino. Las vetas van desde 0.2 a 1.8 m de ancho y de 30 a 200 m de largo, tienen orientaciones variables en función de las orientaciones de las fallas y se inclinan abruptamente. Están ubicadas a lo largo del flanco Sur del sinclinal de la Mina Pachapaqui, en la parte SW de la zona minera y aproximadamente 2 km al SSE de Arabia.
- 2. Arabia.- Se ubica en el flanco occidental del sinclinal Pachapaqui, en el lado W del valle Minaspata. El área incluye vetas-falla rellenadas y chimeneas o diatremas brechadas mineralizadas e incluye 34 zonas individuales, todas con diferente contenido de metal. El Promedio de contenido de metal esta alrededor de 8.2 oz / tn Ag, 4.6% Pb, 5.8% Cu y Zn 1.0%. Las vetas están típicamente asociadas con varias

generaciones de estructuras de fallas en la caliza. Las vetas son de 0.5 a 5.8.m de ancho y de 50 a 400 m de largo.

Sinchi Roca.- Se ubica en el lado Sur del valle Minaspata, a unos 900 m de Arabia y al W del eje del sinclinal Pachapaqui. Es una veta de alrededor de 1 m de ancho, casi vertical, y rumbo al SE. Cuando se cruza la veta intersecta fallas locales donde se desarrollan cuerpos mineralizados de forma tubular denominados "bolsonadas" brechadas. Tres bolsonadas, el # 6, # 8 y el tajo abierto, se han extraído con éxito hasta la fecha por el método de minado shrinkage, con leyes promedio 5 oz/Ag por tonelada, 5% Zn y 5% Pb.

- 3. Riqueza.- Está situado en el flanco NE del sinclinal Pachapaqui y parte SE del valle de Minaspata, a unos 2 km al SE de Arabia. Riqueza contiene varias vetas-fallas rellenadas, verticales, con orientación E-W, en calizas. Sus dimensiones oscilan entre 0.2 y 2.0 m de ancho y más de 450 m en el rumbo. Es relativamente rica en Ag (19.45 oz / ton) y Cu (1.33%), y menor en Pb (2.16%) y Zn (3.37%).
- 4. Mantos.- Se encuentra en el lado SE del valle de Minaspata, a 1,000 m al SSE de Arabia y a 700 m al N de Riqueza. Se compone de mantos o cuerpos semi-estratoligados de reemplazamiento, hospedados en una unidad de caliza color negro. Estas zonas son de espesores variables y con orientación NW/ 45°- 55 SW. Los contenidos son relativamente altos en

Zn (3.15%) y Pb (1.20) y menor en Ag (1.45 oz / ton) y Cu (0.43%).

Brecha.- Se compone de impregnaciones de sulfuro masivo a diseminado, que tienden a sustituir a la matriz, pero también hay alteración débilmente-zonal de los clastos de caliza gris. La falta de mineralización en las partes de grano más fino de la brecha sugiere un fuerte control de la porosidad en el flujo de los fluidos hidrotermales. El Sondaje 101-08 muestra contenidos significativos sobre la totalidad de una intersección de 0.99% Cu, 0.33% Pb y 3.55% Zn con 22g/tnAg. La causa de su mineralización preferencial de Cu y Pb/ Zn es probablemente debido a la influencia química/litológica, aunque esto aún está por determinar. En la información actual tiene un espesor promedio real de 48 m y longitud en rumbo de 254 m. (Departamento de geología, 2010).

CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico.

2.1. Antecedentes de la investigación

En la tesis "Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea S.A."; Sustentado el año 2013 por el bachiller Avelino Quispe Aguilar, para optar el para optar el título profesional de ingeniero de minas, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. En la tesis se concluye que:

1. El objetivo es sincronizar la disponibilidad de los recursos que se tiene en el almacén para mejorar el plan de minado subterráneo en la Corporación Minera Amanea para mayor disponibilidad de extracción de mineral por la zona de Comuni21, Santa Ana y Balcón III y la misión de la administración tiene que conocer las funciones principales de la planificación:

- Reconocimiento constante del recurso mineral
- Métodos de extracción
- Ritmos de explotación
- Secuencia de producción
- Leyes de corte
- 2. En planeamiento operacional subterránea en la Corporación Minera Ananea se tiene que realizar el Planeamiento de Minado y el diseño de labores teniendo en cuenta las estructuras predominantes emplazadas en la zona del proyecto, tanto estructural como geológico. Por ello plan de producción estará sujeto a las variables del yacimiento, tales como condiciones geológicas, geomecánicas y las variables económicas en función de los programas de desarrollo preparación y explotación, asignando los recursos necesarios. Entonces para un plan de producción es necesario contar con información técnica como: características geológicas de los mantos, estructurales de vetas y roca encajante, reservas mineras economicas, leyes de mineral, costos de producción y recursos para la producción.
- El método de explotación utilizado es de cámaras y pilares con circado hasta el momento que viene dando mejores resultados, presentándose una mínima dilución.
- Criterios de selección para la elección del método de explotación se tomara en cuenta: Características espaciales de la mineralización, condiciones Geológicas e Hidrológicas, consideraciones Geotécnicas,

- consideraciones Económicas, factores Tecnológicos e impacto ambiental.
- 5. Para modificar el método de explotación, se implementa un nuevo planeamiento mina, para pasar progresivamente del método de "cámaras y pilares con circado", hacia el método de "corte y relleno ascendente", al ser este último el método con el que se obtienen mayores volúmenes de mineral a menor costo, y sobre todo con la contingencia de que en profundidad los mantos cambian de buzamientos y se convierten en vetas o filones angostos.
- 6. Finalmente se logró reformar las operaciones mineras de la empresa logrando exitosas tasas de rentabilidad, producto del buen planeamiento logrando controlar los costos y aplicando tecnología de bajo costo en la explotación de minerales auríferos de vetas o filones angostos de baja ley, logrando producir un promedio de 240 toneladas de mineral aurífero mensual con una ley de corte de 0.43 Oz-Au/ton.

En la tesis "PLANEAMIENTO DE MINADO SUBTERRANEO PARA VETAS ANGOSTAS: CASO PRACTICO; mina "Esperanza de Caravelí" de Compañía Minera Titán S.R.L,", Sustentado el año 2012 por el bachiller Alejandro Enrique Mena Salas, para optar para optar el título profesional de ingeniero de minas en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. En la tesis se concluye que:

 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.
- 3. 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).
- 4. 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.
- 5. 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 más importante, el costo de producción.
- 6. 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.

7. 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).

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Planeamiento de Minado

El planeamiento de minado es establecer cual volumen de mineral, con que ubicación y en qué momento extraerlo, con la finalidad de mantener una producción continua mensual.

Es conocido que el planeamiento se realiza a corto, mediano y largo plazo, en donde a corto plazo se entiende un planeamiento para un mes y unos pocos meses más, a mediano plazo se considera desde un trimestre hasta un año, a largo plazo desde el primer año hasta la culminación de las reservas. (http://www. geoestadistica. Com / recuperado el 20/05/2018).

2.2.2. Planeamiento a largo plazo

El planeamiento a largo plazo es el primer plan que se realiza desde el inicio de las operaciones, y su alcance comprende la extracción de la totalidad de las reservas. Esta extracción debe ser expresada en producción por años, describiendo la secuencia de extracción, el volumen y ubicación. Estos planes están relacionados a la capacidad anual de procesamiento del mineral que se cuenta

predefinida en planta. (http://www. geoestadistica. Com / recuperado el 20/05/2018).

2.2.3. Planeamiento de minado a mediano plazo

El planeamiento de minado a mediano plazo, se realiza para períodos trimestrales hasta llegar a un año de producción proyectada. Los resultados de este planeamiento deben mantener relación con la geometría del planeamiento del año definido en el Largo Plazo.

Con información del modelo de bloques se definen sólidos (o volúmenes) geométricos por bancos que contengan ley, tonelaje de mineral y tonelaje de desmonte. El tamaño de estos sólidos es muy variable y depende de la continuidad y calidad de la mineralización.

Definido el lugar a donde llegar para encontrar el mineral de interés, la geometría de los sólidos o volúmenes deben mantener como prioritarios las facilidades de acceso de los equipos en las operaciones mineras, y cumplir con los objetivos de producción de mineral. (http:// www. geoestadistica.com / recuperado el 20/05/2018).

2.2.4. Planeamiento de minado a corto plazo

El planeamiento de minado a corto plazo, se realiza para períodos mensuales, con información del modelo de bloques se definen sólidos (o volúmenes) geométricos por bancos, el tamaño y forma de estos volúmenes se adecuan a la calidad del mineral, es decir tonelaje de mineral, ley, tonelaje de desmonte.

Como es de suponer el planeamiento a corto plazo no es un proceso optimal, aún no se ha creado un algoritmo que permita conseguir la optimalidad matemática y técnica de un planeamiento, es claro que el objetivo será de conseguir la máxima rentabilidad con mínimo costo, sin embargo la técnica aplicable pasa actualmente por análisis de multi opciones de extracción de mineral, consistente en una realizar una combinatoria de volúmenes de extracción, hasta lograr una secuencia de extracción de mineral que permita cumplir con la producción del mes y con las condiciones de operatividad minera. (http :// www. geoestadistica.com / recuperado el 20/05/2018).

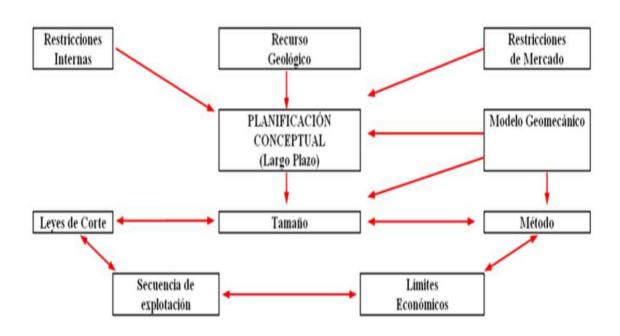


Figura N° 4: Proceso de planificación de minado. Fuente: Portal Educativo Wiki pedía.

2.2.5. La Estimación de Recursos

Es una de las etapas más importantes para evaluar un depósito o parte de un depósito de minerales.

La estimación de recursos interviene inmediatamente después que se cuenta con la información de campo y con información de taladros. Es una actividad permanente durante las operaciones mineras, la calidad y certeza de la estimación es parte fundamental para el logro de las metas de producción.

Por ello el tipo de técnica de estimación y el procedimiento que se aplique, debe demostrar confiabilidad y certeza durante los procesos de verificación, conciliación y reconciliación.

La estimación de recursos se realiza contando con dos elementos fundamentales:

- 1. resultados de ensayes de muestras, provenientes de las distintas formas, tales como sondajes diamantinos (ddh), sondajes de aire reversa (rcd), taladros de voladura para producción (bhd), canaletas, trincheras, etc. Que aseguren la correcta aplicación de las tecnologías de muestreo y tratamiento de la muestra, evitando todas las formas de sesgo posible.
- La interpretación geológica, debidamente ingresada a medios digitales.

La evaluación de recursos se desarrolla de manera distinta para cuerpos, vetas angostas y mantos (con fuerte o suave buzamiento).

En todos los casos es necesario la aplicación de reglas y estándares de estimación establecida en la base teórica y práctica de la geoestadística.

Al margen de otras recomendaciones importantes, consideramos tener presente las siguientes consideraciones para el cálculo de recursos:

- Las leyes de metal deben contar con un registro, acompañado de la interpretación geológica y los cores físicos guardados y protegidos.
- Los logueos y los resultados de análisis químicos deben estar registrados en medios magnéticos.
- 3. Se recomienda aplicar los estándares internacionales en el análisis, registro y protección de las muestras, ante una eventual necesidad de financiamiento bancario. Acceda a la primera parte del **Código Jorc** aquí.
- Para los cálculos de estimación de recursos aplicar software seguro y de preferencia bancable, por ejemplo: Vulcan, Mine Sight, Gemscom, Data Mine, etc.
- 5. Encargar la revisión de la estimación de los recursos a terceros, a fin de asegurar los resultados.
- 6. Asegúrese usted que las variables de cálculo utilizadas en el software de estimación fueron correctamente aplicadas, acorde a los lineamientos y parámetros establecidos por la geoestadística. El uso de criterios de cálculo sin sustento

previo puede ocasionar riesgos de baja precisión en los resultados.

- Evaluar y verificar si la precisión de la estimación encontrada, guarda relación con el tipo de mineralización del depósito y con los indicadores encontrados en el variograma.
- Asegúrese de visualizar a tres dimensiones el modelo de recursos y la información geológica para mejor interpretación de los resultados.
- Que los resultados de estimación de recursos sean exportable al software de cálculo de "reservas" minables.
- 10. Considere usted que los solo los recursos medidos e indicados podrán participar en los siguientes procesos de evaluación económica del depósito, los recursos inferidos no podrán formar parte en la evaluación ni estar comprendidos como parte de reservas probadas y probables. (http://www.geoestadistica.com / recuperado el 20/05/2018).

2.2.6. Código de Australasia para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mina (el Código JORC)

Preparado por el Comité Conjunto de Reservas de Mina de "The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia (JORC)"

El Código original de 1999 se puso en vigor en el mes de Septiembre de 1999. Esta traducción al español fue publicada en el mes de Mayo de 2001.

Esta traducción del Código JORC se basa en una versión preparada por el personal de BHP Escondida y ha sido revisada por especialistas afluentes en español en Australia. En términos generales, el significado de palabras particulares y frases corresponde a los americanismos en Chile. En cualquier disputa sobre la interpretación, la versión del lenguaje ingles toma precedencia.

This translation of the JORC Code is based on a version prepared by the staff of BHP Escondida and reviewed by specialists fluent in Spanish in Australia. In general, the meaning of individual words and phrases conforms with South American (Chilean) usage. In any dispute over interpretation, the English language version takes precedence.

Preámbulo: El Código australiano para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mina (el "Código JORC" o "el Código"), establece estándares mínimos, recomendaciones y normas para la Información Pública de resultados de exploraciones, Recursos Minerales y Reservas de Mena en Australia. Este ha sido redactado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena de "The Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists y Minerals Council of Australia".

El Comité Conjunto de Reservas de Mena se constituyó en 1971 y publicó varios informes haciendo recomendaciones sobre la clasificación e Información Pública de Reservas de Mena antes de la primera divulgación del Código JORC en 1989. En esta edición del Código JORC, las normas que previamente se separaron del Código, se han colocado después de las cláusulas respectivas del Código con el fin de proporcionar mayor ayuda y guía para los lectores.

Estas normas se presentan con sangría y en un tipo letra en cursiva más pequeña. No forman parte del código pero deben considerarse persuasivas al interpretar el Código. Se ha aplicado la misma sangría y tipo de letra en cursiva al Apéndice 1 - "El Código JORC y las Bolsas de Valores de Australia" y a la Tabla 1 - "Lista de Verificación de Criterios de Evaluación e Información" para recalcar que estas dos secciones son normas, y que esta última no es una lista obligatoria de criterios de evaluación e información. Además en esta edición del Código, se ha marcado la primera de una mención particularmente significativa, después de la cláusula 2 de términos que se definen en el Código con un superíndice 'D10', y se han destacado las definiciones correspondientes en negritas. Por ejemplo, la Persona Competente'D10' significa que este término se define en la cláusula 10. El Instituto de Minería y Metalurgia de Australasia y el Instituto Australiano de Geocientíficos han adoptado el código y por lo tanto es obligatorio para los miembros de esas organizaciones. Es respaldado por el Consejo de Minerales de Australia y el Instituto de Valores de Australia como un aporte a las mejores prácticas. Las reglas para que las acciones sean cotizadas en la Bolsa de Valores de Australia y en la Bolsa de Valores de Nueva Zelanda incorporan el Código. Los principales principios que rigen la operación y aplicación del Código JORC son, transparencia, relevancia y competencia. La "Transparencia" requiere que el lector de un Informe Público D5 reciba suficiente información, cuya presentación sea clara y no ambigua, con el fin de entender el informe y no ser pervertido. La "Materialidad" exige que el Informe Público contenga toda la información relevante que los inversionistas y sus asesores profesionales podrían necesitar razonablemente, y razonablemente esperarían encontrar en el informe, con el fin de hacer un juicio razonado y equilibrado con respecto a la mineralización que se está informando. "Competencia" requiere que el Informe Público se base en trabajo que es de responsabilidad de una persona debidamente calificada y con experiencia que está sujeta y regida por un código de ética profesional que puede ser aplicado.

El Código es la norma mínima requerida para Información Pública. El comité también recomienda que se adopte como una norma mínima para otros informes.

La referencia que se hace en el Código a un Informe Público o Información Pública es la referencia a un informe o información sobre resultados de exploración, Recursos Minerales 020 o Reservas de Mena 029, preparado con el objeto de informar a los

inversionistas o inversionistas potenciales y a sus asesores. Esto incluye un informe o información preparada para satisfacer los requisitos reguladores. Se alienta a las Compañías para que en sus Informes Públicos entreguen la información más amplia posible. Los Informes Públicos incluyen pero no se limitan a las Memorias Anuales de la compañía, informes trimestrales y otros informes a las Bolsas de Valores de Australia o Nueva Zelanda, o que exija la ley de sociedades. Se recomienda que el Código se aplique a los siguientes informes si han sido preparados para el objetivo descrito en la Cláusula 5: estados ambientales; Memoránda de Información; Informes de Expertos y documentos técnicos con respecto a la información sobre resultados de exploración, Recursos Minerales o Reservas de Mena.

El término "requisitos reglamentarios" tal como se usa en la cláusula 5 no tiene la intención de cubrir informes que deben presentar las compañías a agencias gubernamentales que se puedan necesitar para efectos de inventario o planificación del Gobierno Estatal o el Gobierno Federal.

Si los informes preparados para dichos efectos posteriormente quedan disponibles para el público, normalmente no se considerarían Informes Públicos en términos del Código JORC (ver también las normas sobre Cláusulas 20 y 37.

Se reconoce que puede haber situaciones en que una Persona Competente'D10' prepare documentación para efectos internos de la compañía o efectos similares no públicos que no cumple con el Código JORC.

En dichas circunstancias, la documentación debería incluir una declaración en el sentido de que no cumple con el Código JORC.

Esto restringirá la probabilidad de que se use documentación que no cumpla con las normas, como base para Informes Públicos, ya que la cláusula 8 exige que los Informes Públicos reflejen en forma justa los Recursos Minerales y/o estimaciones de Reservas de Mena y la documentación de respaldo preparada por una Persona Competente.

Aunque se han hecho todos los esfuerzos dentro del Código y Normas para incluir la mayor parte de las situaciones que podrían presentarse en la Información Pública de resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mena, inevitablemente habrá ocasiones en que existan dudas en cuanto al procedimiento apropiado que debe seguirse.

En dichos casos, los usuarios del código y aquellos que preparan informes bajo el Código deben guiarse por su intención, presentar a través de las normas pertinentes para Información Pública y asegurar que dicha información contenga toda aquélla que los inversionistas y sus asesores profesionales razonablemente requerirían y razonablemente esperarían encontrar en el informe con el objeto de hacer un juicio razonado y equilibrado con respecto a la mineralización que se está informando.

El Código es aplicable a todos los Minerales sólidos, incluyendo diamantes, otras piedras preciosas y carbón, para los cuales las Bolsas de Valores de Australia y Nueva Zelanda requieren Información Pública sobre resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas de Mina.

El Comité conjunto reconoce que de tiempo en tiempo será necesario revisar nuevamente el Código. (http://www.geoestadistica.com/recuperado el 20/05/2018).

2.2.7. Cálculo de Reservas en Minas Subterráneas

Partiendo del cálculo de recursos, con el cual se puede determinar la cantidad de metal presente en cada punto posible de extracción, es posible valorizar cada uno de los volúmenes con recursos estimados.

Si tenemos tajeos de vetas en mina subterránea con tonelajes y leyes de metal, éstas recibirán un valor de acuerdo al contenido de metal, precio y recuperación metalúrgica.

El siguiente paso es iniciar en forma virtual la extracción de estos tajeos siempre y cuando paguen el proceso de minado hasta colocarlo en la planta de tratamiento.

Si bien la ley de corte es un importante clasificador de zonas de explotación, en minería subterranea también es importante determinar el tonelaje suficiente que pueda pagar cada tajeo en los desarrollos que se requieren para su extracción.

Para poder calcular las reservas, es necesario realizar el diseño de la mina subterranea, este diseño debe suministrar seguridad durante la extracción del mineral de cada tajeo considerando aspectos y consideraciones netamente operativas, como por ejemplo:

- Certeza de la estimación clasficado en Reservas Probadas y Reservas Probables
- Distancia de la planta que permita costos de transporte de mineral incluidos en la Ley de Corte
- Consideraciones de distancia, accesibilidad, transporte y acarreo
- 4. Condiciones de trabajo (seguridad, ventilación, etc)

Hoy en día con el conocimiento de las operaciones y aplicando intensivamente software de diseño podemos determinar con mayor rapidez y certeza, no solo cuales son los tajeos que se debe extraer económicamente, sino también la secuencia de extracción (plan de minado) a corto, mediano y largo plazo, plasmando en tres dimensiones el modelo geológico del yacimiento, las rutas de acceso y como quedarán la mina al final de sus operaciones. (http://www.geoestadistica.com/recuperado el 20/05/2018).

2.2.8. Diseño de mina

El diseño de una mina es la concepción de cómo debe quedar la mina al final de la extracción de sus reservas, para iniciar el diseño es necesario contar con leyes de corte (cut off) que se aplicarán para todo el depósito o para cada una de las partes del depósito.

Para iniciar el diseño de una mina, ya sea subterránea o superficial, es necesario contar previamente con toda la información de recursos, es necesario establecer las condiciones y formas de acceso para la extracción de mineral, así como las condiciones y restricciones de seguridad y medio ambiente durante las operaciones.

Con esta información se realiza una proyección de extracción de los recursos de las formas más económicas posibles, planteándose un gran número de opciones de extracción de mineral a través del tiempo hasta que se culmine con la extracción de la máxima cantidad de recursos disponible y con la máxima rentabilidad de inversión.

Observando la Figura N° 5, para un depósito con recursos, encontraremos un tonelaje de minado (t) que proporcionará una rentabilidad (r), a cualquiera de los puntos que se encuentran debajo de la curva le corresponde a un (t) que suministra una rentabilidad (r).

La nube de puntos debajo de la curva es infinita, es decir las posibilidades de obtención de rentabilidad de acuerdo al tonelaje (t) también es infinita, sin embargo para fines prácticos se debe evaluar el diseño óptimo en los tonelajes que generan rentabilidades máximas. Para lograr encontrar la máxima

rentabilidad, entre (c) y (f) se aplican modelos matemáticos de optimización apoyados por software desarrollados para este fin.

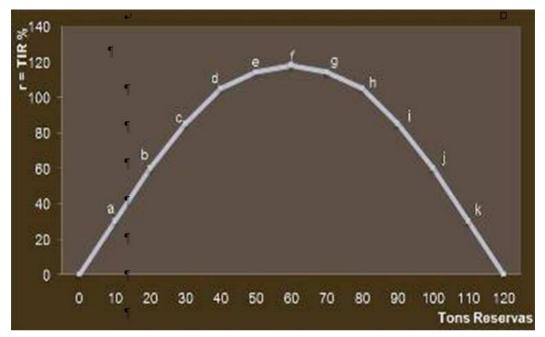


Figura N° 5: Rentabilidad vs tonelaje de minado.

Fuente: http://www.geoestadistica.com/ recuperado el 20/05/2018

Es importante mencionar que la rentabilidad es también función de N variables que intervienen en todo el proceso de cálculo del cash flow. El hecho de conocer más opciones de optimalidad nos permite obtener la curva que nos expresa el resultado de la sensibilidad de la rentabilidad para todo proyecto nuevo de inversión o proyecto de ampliación de operaciones.

Para determinar si en un depósito se debe aplicar minado subterráneo o superficial, se recomienda desarrollar previamente un estudio de minado a cielo abierto, incluso cuando se trata de una veta con potencia importante y poco recubrimiento. Si queda sin explotar un importante tonelaje de recursos, se pasa a etapa de comparación de rentabilidades con minado subterráneo o a minado

aplicando ambos métodos. (http:// www. geoestadistica.com / recuperado el 20/05/2018).

2.2.9. Objetivos de la planificación

El Planeamiento de Minado es una actividad orientada al futuro, cuyo propósito fundamental es proyectar la vida de una mina a lo largo del tiempo; no solo en una dirección, si no buscando nuevos caminos y adaptando su existencia a la de los sistemas de los cuales vive. En una Mina, la necesidad del Planeamiento; se expresa a través de los siguientes objetivos:

- El Planeamiento de Minado debe servir de fuerza impulsora de la actividad minera, a todos los niveles, trazando el camino a seguir, en las operaciones en cada uno de los subsistemas de la Mina.
- El Planeamiento de Minado y el control debe formar como el regulador que permite adaptar el sistema a su medio, dentro delos márgenes que le son exigidos para mantener su equilibrio correcto.
- El Planeamiento de Minado busca maximizar el beneficio de las oportunidades futuras de la Mina, a través de la previsión de medios y presupuestos económicos.
- El Planeamiento de Minado debe coordinar la acción de los miembros de la Mina en el cumplimiento de las funciones empresariales de producción, finanzas, comercialización,

mantenimiento, personal, comunicaciones, etc. (Quispe, 2013).

2.2.10. Ciclo de planeamiento de minado

El ciclo del Planeamiento de Minado está constituido por las etapas sucesivas, que hay que determinar para establecer un plan, llevarlo a la práctica y controlarlo. Estas etapas son:

Establecimiento de predicciones: Consistirá en la realización de estudios que son documentos preliminares basados en los análisis estadísticos, conducentes a descubrir las variaciones y tendencias registradas en el medio ambiente y en el seno interno de la empresa, en periodos de tiempo que considere el horizonte del planeamiento. Las predicciones estarán constituidas en base a la proyección en el tiempo, mediante la extrapolación de los datos registrados en los análisis estadísticos. Para este propósito será necesario obtener información del medio. Como por ejemplo:

- Informaciones de mercado.- Cuyas fuentes, son de este carácter; tales como nuevos precios, nuevos sustitutos, nuevos mercados, incremento de competencia, nuevos usos y aplicabilidad del producto, etc.
- Informaciones económicas.- Básicamente relacionadas con las utilidades, perdidas, intereses, financiación de fondos, agencias financieras, tipos de cambio, políticas de prestaciones, etc.

- 3. **Informaciones técnicas.-** Como adelantos técnicos en equipos, maquinarias en operación, nuevos métodos de explotación, nuevos métodos de planeamiento, programación y control, etc.
- Informaciones sociales.- Relacionados con problemas sociales, laborales, sindicales, bienestar del trabajador, relaciones con la comunidad, etc.
- Informaciones políticas.- Política internacional, nacional, institucional o interna de la empresa, etc.

6. **Informaciones del medio interno.-** Como:

- Evolución de la rotación del personal.
- Tendencias de los costos de producción.
- Tendencias de los costos generales.
- Evolución de la capacidad de reacción de la empresa.
- Análisis de su capacidad de creación e innovación, etc.

Especificación previa de los objetivos: Una vez establecido las predicciones, se debe especificar los objetivos esperados. Estos objetivos, se trazan en tres niveles.

Tabla N° 1: Operacionalización de variables

Nivel Jerárquico	Nivel de Objetivos	Periodo del Plan	Actividad que se Planifica
Directorio	Política Estratégico		Gobierno y fines de la Empresa Gerencia y Superintendencia

Logística	1 a 5 años	Gestión de las Operaciones	Operaciones
Unidad Minera	Técnico	Hasta 1 año	Ejecución de las operaciones

Fuente: Quispe, 2013.

No existe una frontera definida entre los distintos niveles de objetivos. La característica esencial de los diversos objetivos, es su plazo de ejecución. Cuanto más largo es el tiempo, es más político y cuanto más corto el tiempo, el objetivo es más operativo.

Establecer líneas de acción alternativos: Los objetivos especificados en el paso anterior, pueden lograrse siguiendo diversos caminos. Estos caminos, constituyen las alternativas; esta etapa consiste en establecer las alternativas más posibles en orden de prioridad y ventajas técnico-económicas.

Elección de la mejor alternativa posible: Teniendo determinada las diferentes alternativas, es necesario evaluarlas mediante el empleo de elementos intelectuales y/o técnicas modernas. Luego se toma la decisión sobre la utilización de una de las alternativas más convenientes.

Especificación y asignación de objetivos: Una vez elegida la alternativa que sugiere el proceso de planificación, los objetivos que se derivan de la decisión tomada, deben ser plasmadas de modo concreto, especificando los tiempos, asignando los recursos, los responsables en los diferentes niveles jerárquicos, etc., los que se traducen en metas y cuotas concretas.

Incorporación al sistema de control: La planificación cumple su objetivo sugiriendo la acción de la empresa. El conjunto Sistema

Planificación-Sistema de Control, regulan las acciones del sistema total. Por lo que el CONTROL, se convierte en el mecanismo de realimentación de los objetivos. Todo PLAN, debe contemplar cierta flexibilidad; y sobre todo una adaptabilidad a las circunstancias reales en concordancia con los objetivos logrados.

Naturaleza jerárquica del planeamiento: El planeamiento de la empresa, está destinado a lograr un comportamiento de acuerdo con los objetivos generales de la organización. Pero esos objetivos, solo se hace factibles de lograr después de su factorización en una jerarquía de sub- objetivos. Esta factorización se logra, mediante el planeamiento de cada uno de los sub-objetivos originándose de este modo un planeamiento de nivel inferior; que a su vez puede generar sub-objetivos de un nivel más inferior, como un medio de alcanzar sus propios objetivos. (Quispe, 2013).

2.2.11. Preguntas básicas del planeamiento

Para una planeación adecuada, es muy favorable obtener la información necesaria para satisfacer las respuestas a las preguntas básicas. De esta manera una planeación efectiva, implica la contestación a su vez a las ocho preguntas basicas. Estas preguntas a su vez proporcionan los ingredientes básicos de la planeación:

1. ¿Por qué debe hacerse?

Advierte al planificador que debe tener cuidado de no incluir actividades innecesarias para cumplir con el objetivo.

Una planificación eficiente debe satisfacer una necesidad

técnica, operacional o económica mediante la combinación de sus elementos.

2. ¿Cuánto debe hacerse?

Responde para facilitar la determinación de la cantidad necesaria que garantice un flujo normal de la producción y la demanda.

3. ¿Qué acciones son necesarias?

Permite analizar todas las actividades necesarias e indispensables, el orden en que se ejecutan, su prioridad desde el punto de vista técnico, económico-financiero, etc. para obtener el resultado final.

4. ¿Cuándo y Donde se hará?

Se refiere a las estimaciones de tiempo sobre la iniciación y termino de cada una de las actividades o de un grupo de ellos. Además, se refiere a determinar el lugar preciso donde se aplicara el plan o cada una de las actividades.

5. ¿Quiénes lo harán?

Permite fijar el personal responsable por actividad o grupo de actividades, basándose en la especialidad, habilidad y disponibilidad del factor humano.

6. ¿A qué costo se hará?

Se refiere a estimar los costos por actividad o grupo de actividades necesarias, por unidad de producto, por unidad de

tiempo o por unidad de insumo necesario para la producción. Estos costos, deben ser proyectivos en tiempo y devaluación, que permita formular un presupuesto más real que facilite a la empresa, decidir si financieramente, le es posible o no.

7. ¿Cómo se hará?

Se refiere a analizar y señalar los procesos, métodos, técnicas, etc. como debe realizarse cada actividad o grupo de actividades.

8. ¿Con que se hará?

Permite analizar los recursos y prepara un balance de la disponibilidad real de la empresa o las posibilidades de adquisición. Esta pregunta y la contestación de la misma permitirán a los planificadores actuar con criterios más reales, sin caer en el pesimismo ni exagerar de optimistas. Por lo que será necesario adecuar el proyecto a la realidad y no la realidad al proyecto. Para contestar a esta pregunta, además de lo manifestado será de importancia la experiencia de los parámetros, variables y el deseo de hacer bien las cosas. (Quispe, 2013).

2.2.12. Elementos del planeamiento

La cantidad en los trabajos mineros, son, por ejemplo: tonelaje de concentrados, volumen de desmonte, volúmenes de relave, volúmenes de relleno, metros lineales de frentes de avance, kilómetros de carretera de acceso, numero de cuadros de sostenimiento, metros lineales de vía, metros lineales de tuberías de conducción, etc. La calidad, significa las leyes del mineral, las secciones y las características, técnicas de los frentes de avance, la fragmentación en la voladura, estabilidad de los cuadros de sostenimiento, recuperación metalúrgica, etc., en los que intervienen necesariamente:

Tiempo.- Se fija la fecha de inicio de la realización de las diferentes actividades y se estima las fechas de conclusión por actividades, etapas, o el total del proyecto. Se debe estimar un margen razonable de tolerancia, según la característica de las actividades.

Lugar.- Se debe señalar el lugar de las ejecuciones como coordenadas topográficas, cotas, zonas, secciones, unidades de operación, pueblos, países. Se refiere tanto a los lugares de realización de las labores, como donde se adquirirán los insumos necesarios.

Recursos.- Considerar las disponibilidades y requerimientos; así como las fuentes de adquisición de todos los recursos que precisara el plan. Ejemplo:

- Recursos Humanos.
- Maquinaria y equipo.
- Infraestructura.
- Materiales diversos.
- Herramientas varias.

- Recursos energéticos en general.
- Recursos económicos y financieros.
- Otros insumos.

Costo.- Debe estimarse los costos en cada detalle de todos los recursos y de las actividades que precisa el plan. Procurando que sean cuidadosamente estimados y concordantes a la realidad, debiendo considerarse un factor de seguridad según el tiempo de duración de los trabajos, fluctuaciones de precios, tipos de cambios, mercados de adquisición, etc. (Quispe, 2013).

2.2.13. Parámetros y variables del planeamiento

No existe una definición específica y exacta de los parámetros y variables, a tal extremo que muchas personas dedicadas a las labores de planeamiento mina prefiere referirse como consideraciones para el planeamiento, factores que afectan el planeamiento, o indistintamente se refieren a los parámetros y variables como si fuese la misma cosa. Lo que definitivamente, que los parámetros y variables no son la misma cosa.

Variables:

- Ocupación actual de los equipos, como perforadoras, scooptrams, locomotoras, carros mineros, equipos de perforación diamondrill, raise boring, etc.
- Inventario de la fuerza laboral; se debe tener en cuenta el personal activo disponible, según especialidad o categorías, etc.

- Capacidad de producción real, se refiere a la unidad, en avances-mes: que metraje en galerías, chimeneas, cruceros, rampas; que tonelaje de mineral de cabeza, de concentrado, cual es el porcentaje de logros en los últimos meses o trimestres, etc.
- Perturbaciones externas, es necesario identificar las variables externas, que escapan a la solución de los componentes de la empresa ejemplo: factores económicos, políticos, coyunturales, etc.
- Estado de las instalaciones e infraestructura, por ejemplo: red de agua, aire comprimido, energía eléctrica, relleno hidráulico, infraestructura de los talleres de mantenimiento, almacenes, laboratorios, etc.
- Desempeño del personal, no solo es suficiente tener el inventario del personal; sino que es de importancia analizar el ausentismo, iniciativa, cumplimiento, rebeldía, sabotaje, chantaje, colaboración, etc.
- Ubicación y acceso a las zonas de trabajo, ejemplo: la distribución de las labores con relación a los accesos principales, oficina de mina, bodegas, talleres mina, echaderos, teléfonos, etc., así se puede enumerar más variables, la importancia, es que tiene influencia directa para el logro de los objetivos y metas. Cuando un plan, es fruto de un análisis integral de las variables, es probable que las metas

trazadas, se logren cumplir en un porcentaje aceptable; de lo contrario, los planes no guardaran relación con la práctica operativa.

Parámetros:

- Estándares de rendimiento de la mano de obra, de los equipos, y de todos los factores de producción.
- Lista de materiales por labores, actividades, zonas, proyectos, etc.
- Estándares de ejecución de diferentes trabajos, ejemplo.
 Construcción de tolvas, colocación de cuadros de sostenimiento, etc.
- Tiempos estándar de desplazamiento y mantenimiento de equipos.
- Capacidades de los equipos.
- Presupuesto de las operaciones (techo presupuestario)
- Políticas administrativas.
- Calendario de operaciones y prioridades diversas.
- Convenios sindicales; incluye las concesiones a los trabajadores, políticas de despido, remuneraciones sobre las horas extras, días festivos, etc.
- Apoyo logístico y de servicios auxiliares. (Quispe, 2013).

2.2.14. Programación y control en planeamiento de minado

La programación: Es una función posterior al proceso de planificación y consiste en determinar cuándo se efectuara cada tarea o actividad; permite fijar con precisión la fecha de inicio y estimar la fecha de terminación de las actividades o de todo el proyecto. La programación, por un lado muestra la secuencia y duración de las actividades componentes del sistema operacional; el mismo facilita designar responsables por cada área, zona, sección, nivel, etc.; también viabiliza que las diferentes secciones relacionadas con las operaciones de producción, se organicen con un criterio mas integral, orientado a satisfacer los requerimientos de los departamentos de producción para cumplir con las metas de la unidad minera.

La programación, tiene tres parámetros principales: **cantidad**, **calidad**, **y tiempo**; a la programación, también se le conoce como la cronogramación de las actividades. Una de las técnicas más conocidas y alcance de todos es el:

 DIAGRAMA DE GANT; pero existen otras como el CPM, el PERT y sus derivados, que actualmente sobresalen frente al diagrama de Gantt y otras técnicas convencionales.

Relacionado con el planeamiento, conviene señalar tres aspectos:

 el significado económico, los factores que estimulan o limitan y su carácter iterativo.

- 2. Las labores de planeamiento, en principio, implican un costo para la empresa por los materiales que se emplean, por el personal dedicado a dichas tareas, por los frecuentes ensayos que es necesario realizar, antes de la ejecución misma de las labores, etc.; las personas dedicadas a las tareas de planeamiento no están exentos de algunos errores y por consiguiente no siempre es posible lograr lo óptimo de los planes formulados.
- Entonces es probable que los planes presenten un cierto grado de imperfecciones tales como:
 - Las acciones que se describe no son las recomendables.
 - Las acciones descritas no son las factibles debido a restricciones físicas que se ha pasado por desapercibido.
 - Algunas acciones, se describen en forma muy ambigua, como para salvar responsabilidades, pero, al mismo tiempo compromete que no se puede lograr el mejoro.

 Los errores de este tipo, aumentan la posibilidad de que muchos planes no sean ni recomendables ni factibles de realizar; y si a ello se le impone más restricciones, el plan corre el riesgo de estar incluido en las restricciones. Los recursos adicionales dedicados al planeamiento, sirven para reducir estos errores.

- El planeamiento en una organización es tarea compleja;
 y que un mejoramiento importante en el proceso, exige
 un eficiente manejo de datos.
- Las personas encargadas de elaborar planes, deben disponer de medios organizados para recoger, transmitir, almacenar, recuperar, manipular y exponer grandes cantidades de información.
- Así mismo, deberá hacerlo con gran amplitud y flexibilidad. Por otro lado, el sistema de planeamiento que utilice una organización, debe ser capaz de aprovechar al máximo la capacidad humana del equipo planificador; los responsables de elaborar los planes aparte de su aptitud para manejar datos debe poseer idoneidad para razonar, improvisar, emitir juicios y reconocer las pautas complejas que contribuyan en el planeamiento.
- Como factores que estimulan al planeamiento, se puede señalar; si los planes describen acciones detalladas y factibles; y el planificador procura equilibrar los costos adicionales del planeamiento en corregir errores con los beneficios que reporte el plan modificado, será un aspecto positivo y por tanto estimulante.
- Por otro lado, el costo de reducir los errores del planeamiento, depende de la calidad y cantidad de

acciones no planeadas. Además, sirven de estímulo a los planificadores para realizar las correcciones pertinentes, tales como: el acceso a una mayor capacidad de manejo de información, el uso de técnicas de evaluación de alternativas, las técnicas de simulación en el espacio abstracto, etc., también es necesario evaluar los factores que limitan las actividades del planeamiento, resulta difícil estimar el valor o costo adicional de corregir los errores, sin embargo, no se puede dejar de hacer estimaciones al menos subjetivas; pero siempre tomando encuentra las limitaciones del planeamiento. Estas limitaciones son por ejemplo:

- La incertidumbre, asociado a los valores pronosticados en los datos consignados en el planeamiento. (Quiere decir que existe incertidumbre con relación a las estrategias, logística, tácticas operativas, futuros desarrollos tecnológicos). Y el valor de estas variables estan sujetas a fluctuaciones aleatorias.
- También existe cierta incertidumbre, en cuanto a la dedicación de esfuerzos de la organización para proporcionar información procesarlos y tomar decisiones, sin descuidar el horizonte de los planes.

- Es factible reducir la incertidumbre, mediante el empleo de técnicas de análisis, de sensibilidad.
 Pero, no es fácil su implementación.
- La reducción de la incertidumbre, no se puede lograr sin un costo. La flexibilidad de los recursos, aumenta su costo.
- Las exigencias de tiempo, también se convierten en limitaciones sobre la calidad y cantidad planeamiento, que seria posible realizar normalmente. Los hechos reales de operación requieren tomar decisiones de inmediato; incluso con cargo a justificar posteriormente el aspecto técnico. Se dice que el planeamiento es de carácter iterativo, porque es REPETITIVO, cada cierto periodo según el nivel jerárquico o tipo de planeamiento. Ejemplo: El planeamiento mensual de operaciones es iterativo cada fin de mes y por ello tiene como referencias de peso, los rendimientos obtenidos en el mes anterior. Este ciclo se repite cada mes y los reajustes se hacen cada vez que se estime necesario; con tal que permita reorientar las metas. De igual modo, son iterativos los planeamientos a mediano y largo plazo.

El control en el planeamiento de minado: Es la esencia del funcionamiento de la empresa minera como un sistema; el Control ha existido siempre en toda Empresa Minera desde el

momento en que éstas han nacido para cumplir algún objetivo. Una mina debe preservar dos cosas:

- Cuidar que sus planes se cumplan.
- Distribuir económicamente la utilización de sus recursos.

El Control, es una función directiva y su concepto nace de la necesidad que tiene la Mina de ser eficaz. A través del control, el gerente debe verificar que los medios de la Mina son utilizados en la cantidad precisada para conseguir el cumplimiento de los objetivos organizacionales. Los mecanismos de Control, tienen por finalidad asegurar que la Mina actué concientemente es decir que conozca las causas de sus fallas y de sus éxitos; corrigiéndose los primeros en la medida que sea posible y explotando sus aspectos positivos. El sistema de control, compara la actuación verdadera de todo el sistema con el plan trazado, dentro de lo posible debemos tener en cuenta lo siguiente:

a) Sistema de producción mina y control de operaciones: El sistema que se muestra a continuación, resume en forma objetiva, práctica y real: La iteratividad del planeamiento, la programación como fase final o resumen del proceso de planeamiento. Teniendo conocimiento de la programación, es posible organizarse y ejecutar las operaciones en estrecha coordinación con todos los departamentos relacionados a la

producción. Finalmente se muestra la importancia del sistema de control, como un medio que garantiza las operaciones, la obtención de los resultados pre establecidos y la calidad de la información de la realimentación que proporciona al sistema de planeamiento de operaciones mina. Referido al planeamiento y control mensual de las operaciones mineras.

En esta parte es oportuno resaltar, que cuando se refiera a los controles (cualquiera que sea su tipo o clase); siempre está relacionado con la programación, como fase final del proceso de planeamiento, con el nivel de organización para la ejecución, la coordinación entre los responsables. Y por qué no? Con el nivel cultural del personal, la disciplina y la motivación. Que también, son factores indispensables

- b) Objetivos del control: Los diversos autores, al tocar este punto los hacen como: funciones de control, objeto del control, finalidad del control, etc. Para no desorientar podemos considerar. El objetivo principal del Control, es garantizar la obtención de los resultados previstos por el planeamiento y la programación. También es asegurar la eficacia y eficiencia de la actividad productiva. La función principal del Control de Minado es garantizar el cumplimiento de los objetivos de la Mina, mediante:
 - Comparar los resultados de las actividades con los objetivos asignados a los responsables de obtener dichos resultados.

- Suministrar información sobre el tipo y magnitud de las desviaciones que pueden producirse entre lo planificado y lo realizado.
- Proporcionar políticas, reglas y medios para evaluar dichas desviaciones.
- Suministrar a los puntos focales de responsabilidad, los antecedentes e informaciones de valorización, efectuar la toma de decisiones; cuyo producto son las medidas correctivas.
- Conocer las causas por las cuales se producen las desviaciones, para modificarlas favorablemente en lo posible, actuando sobre los factores externos e internos.
- Mantener una atención constante por parte del cuerpo directriz sobre el desarrollo de las operaciones, para extraer las conclusiones que eviten futuras desviaciones y permitan una planificación mejor.
- Apoyar y conducir a los responsables, ejecutores de las operaciones, manteniendo sus esfuerzos en línea con los objetivos perseguidos.
- Verificar que todos los recursos y medios de la empresa, sean utilizados en las cantidades previstas. Y evitar los desperdicios, improductivos.
- c) Alcances del control: Aparte de que es difícil enumerar los objetivos del control, y de manera simultánea, que cumple

sus funciones fundamentales; el control, proporciona firmeza al personal comprometido con las operaciones de producción, para emitir juicios sobre:

- Cómo mantener una motivada y estrecha coordinación entre las diferentes secciones ó departamentos de la Mina.
- Cómo preparar técnicamente las adquisiciones de compra de materiales, equipos, repuestos.
- Las formas de estimar los costos de los nuevos trabajos, nuevos métodos, el uso de nuevos materiales, etc.
- Los análisis para tomar decisiones sobre la compra de repuestos, equipos, herramientas; basados en costos, calidad, disponibilidad, etc.
- Las formas de disponer de materias primas, reservas de mineral, materiales, equipos.
- Como determinar el movimiento de materiales, diseño de transporte y el abastecimiento oportuno a las labores de trabajo.
- Cómo estimar las necesidades de mano de obra,
 materiales, energía, equipo y apoyo técnico para las diferentes labores de operación.
- Criterios para asignar tareas a hombres y máquinas diversas.

- La necesidad de evaluar el rendimiento general de los factores de producción, orientado a determinar los estandares de producción.
- Las ventajas de mantener las informaciones técnicas y de control en estricto orden y prioridad operacional.
- Justificar o no sobre la instalación de sistemas de elaboración de datos.
- Utilizar software mineros relativos, para resolver problemas de planeamiento de minado.
- La necesidad de desarrollar técnicas y métodos para mejorar las operaciones unitarias en el sitema productivo.

d) Clases de control: Los controles se clasifican en:

- Control Previo: Son aquellos controles que se realizan
 con anterioridad a la ejecución de los trabajos. Su
 función principal es chequear el programa y preveer.
 Ejemplo el control de
- Políticas de personal, control de inversiones, control de compras, control de inventarios, etc.
- Control de Ejecución: Desde el punto de operaciones, es el grupo de controles más importante; tanto para los departamentos que planifican, diseñan; así como para operaciones mismas, su función es de supervisión y

permite la comparabilidad para evitar las desviaciones con relación al programa.

Control Posterior: Son controles luego de cumplir con el plan de producción, calidad y volumen del mineral extraído. (Quispe, 2013).

2.3. Definición de Términos

Actor situado:

Sujeto inmerso en sus circunstancias, ubicado en determinado contexto done efectúala actividad planificadora. (INAP, 2002).

Árbol de problemas/ de objetivos y apuestas:

Procedimiento metodológico útil para clasificar y ordenar conceptos mediante relaciones de causa/efecto a fines de establecer interdependencias y jerarquías entre ellos. (INAP, 2002).

Cálculo:

Actividad que precede(es anterior a la definición de propósitos) y preside (rige, regula administra, y sopesa las acciones desarrolladas en cada momento de la planificación. Según lo sgrados de sistematicidad y amplitud en el tiempo dependen la calidad y eficacia de la reflexión. Pueden ser: inmediatistas-asistemáticos (con un horizonte de tiempo limitado), intuitivos (considera pocas variables y carece de rigor científico), técnicos asistemáticos (atienden el hoy sin prever el largo plazo), técnico-políticos asistemáticos (caracteriza a los políticos comunes), técnicos sistemáticos (se compromete en plazos largos, pero no atiende los

medianos y cortos), técnico-políticos sistemáticos (articula la acción temporal en cortos, medios y medianos plazos).

Cálculo situacional sistemático:

planificación estratégica que permite realizar mediciones entre elfuturo y el presente, prever acciones en contextos turbulentos, tener capacidad de reacción frente asorpresas, aprender de los errores del pasado, mediar entre el conocimiento y la acción, sosteneruna coherencia global ante las acciones parciales de otros actores. (INAP, 2002).

Estrategia:

El término "estrategia" en su raíz etimológica, designa originalmente el nombre del "puesto" del titular del ejército, el lugar de mayor jerarquía. Con el correr del tiempo, el alcance del concepto se extendió hasta incorporar a su significado atributos de tipo psicológico y conocimientos y habilidades que se supone deben formar parte de la personalidad del jefe de un ejército: visión general, carácter, temple, destreza y pericia en el manejo o conducción de los hombres. En tiempos de Pericles (450 a.C.), el término pasó a denotar las habilidades de conducción (liderazgo, gestión, capacidad o poder) y, en la época de Alejandro Magno (330a.C.), connotó también la ingeniosidad, habilidad y destreza para el mando y pericia en la aplicación de la fuerza, la capacidad perceptual para anticiparse a los movimientos del enemigo y el manejo del gobierno de la administración y de la guerra en su

conjunto. (Mintzberg y Bryan, 1997).

Etapa:

Pasos ordenados en sucesión dentro del proceso de planeamiento, divididos tajantemente en compartimentos estancos. (INAP, 2002).

Fases:

Bloques o ciclos de actividades interdependientes que constituyen el proceso complejo de conocimiento y acción en el planeamiento estratégico. (INAP, 2002).

Momento:

Instancia repetitiva de un proceso de cadena continua sin comienzo ni fin. El cálculo estratégico es permanente y sus momentos se repiten en función de su interacción con el contexto. Los momentos no siguen una secuencia lineal obligada; no son excluyentes y uno de ellos es dominante sobre los otros. (Matus, 1996). (INAP, 2002).

Plan:

El término "plan" proviene del latín y significa "espacio que ocupa la base de un edificio", y más tarde se entendió como "diseño de un edificio", o, más precisamente, "distribución del espacio que ocupa la base de un edificio". Lo que podría equivaler a "esquema básico de diseño de cimientos y base de un edificio". Siglos después, su sentido se amplió hasta significar la "representación gráfica de cualquier lugar" (1600). El plan significaba entonces la prefiguración y el diseño de una planta edilicia, lo que hoy conocemos por "plano". Era el resultado esperado y deseado de una

obra por construirse. Más tarde (1737) el plan es definido como "escrito en que se apuntan las grandes líneas de una cosa". (Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana, 1976).

Diversos autores coinciden en definir al plan como una toma anticipada de decisiones destinada a reducir la incertidumbre y las sorpresas, y a guiar a la acción hacia una situación deseada, mediante una instrumentación reflexiva de medios.

El acto anticipatorio adelanta en el tiempo la imagen de los futuros y las respuestas posibles, lo compara con el porvenir deseado y encara la elaboración de previsión de situaciones y de acciones con vistas a satisfacer una intencionalidad, una vocación de alcanzar determinadas situaciones que forman parte del deseo.

En el plan está presente siempre la idea de futuro y de construcción del porvenir mediante la acción, y se presenta a la reflexión como un conjunto de interrogantes y de conjeturas sobre el devenir posible, como incógnitas a develar sobre sucesos que pueden acontecer o como situaciones deseadas a mantener o alcanzar.

La noción de plan presupone un conjunto de connotaciones, tales como las de previsión, organización, coordinación de esfuerzos y control de acciones y de resultados.

La previsión como una visión anticipatoria de lo que "vendrá"; la organización como una diferenciación y armonización de los diferentes roles a cumplir y recursos o medios a instrumentar en la acción; la coordinación de esfuerzos como una inducción de

sinergia que unifique la diversidad de componentes hacia el cumplimiento de aspectos complementarios de la acción y el control de procesos y resultados como una revisión constante de la trayectoria de la acción hacia la situación deseada, con vistas a corregir los desvíos que se pudieran presentar.

Se asemeja, pues, a una guía, "carta de navegación" o mapa en donde se registran los caminos a recorrer, los obstáculos a superar, el destino al que se quiere arribar y los medios necesarios para instrumentar la acción, orientada hacia los propósitos que se pretenden alcanzar.

El concepto de plan, entonces, evoca a una acción reflexiva e intencional de ordenamiento y encuadre de acciones y de preparación de instrumentos conceptuales y materiales para alcanzar o producir un resultado deseado.

¿Las definiciones que se presentan a continuación muestran desde diferentes perspectivas del significado de plan:

"La planeación implica actividades futuras y concierne a las decisiones que se proponen y el futuro resultado de las decisiones del presente (...)". (Gómez, 1976).

"La planeación es algo que se lleva a cabo antes de efectuar una acción (...) es un proceso que se dirige hacia la producción de uno o más futuros deseados (...) que no es muy probable que ocurran a menos que se haga algo al respecto (...)". (Ackoff, 1993).

"Planear no es eliminar la intuición. Es eliminar la improvisación

(...). El planeamiento es un método de trabajo por medio del cual las cosas se "preparan", concomitantemente se acompaña la acción y se aprende de lo que en realidad sucede". (Levy, 1981).

"La planeación provee un enfoque racional para lograr objetivos preseleccionados (...), permite salvar la brecha que nos separa del sitio al que queremos ir. La planeación es un proceso que requiere un esfuerzo intelectual, requiere determinar conscientemente los cursos de acción a seguir y basar las decisiones en propósitos, conocimientos y estimaciones bien definidos". Harold Koontz y Heinz Weihrich. (1995).

"Planificar es intentar modificar a partir de la voluntad humana el curso de los acontecimientos" (Leiferman, 1996).

"Sus instrumentos (de la libertad y voluntad del hombre) (...) son los planes (...) que bajo las formas más diversas tienen como contenido común la conciencia y la intencionalidad, opuestos a la fatalidad y al azar". (Massé, 1966).

Planificación:

"Plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria, etc. (Real Academia Española, 2001)

La planificación es una herramienta que permite determinar por anticipado los objetivos que se desean lograr y que debe hacerse para alcanzarlos, para tal fin, se necesita analizar el presente (donde estamos ahora) y definir los planes necesarios para lograr los objetivos (a donde queremos llegar) de la mejor manera posible.

Recálculo:

Reinicio del momento explicativo en la etapa táctico- operacional. (INAP, 2002).

Táctica operacional:

Acción y recálculo. (INAP, 2002).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. El Problema

ICM Perú es la empresa minera que posee y explota la mina de zinc, cobre, plomo y plata Pachapaqui, que se emplaza 240 km al norte de la capital, Lima. British International Consolidated Minerals (ICM) fundó la empresa en 2005 y en el 2010, Korean Zinc Group por un valor de US\$47,5mn. Compró la mina pachapaqui, siendo ICM una subsidiaria de Korean Zinc Group.

El yacimiento Pachapaqui comprende dos zonas de mineralización, la Zona de Mantos y la Zona de Brechas. La Zona de Mantos se encuentra en la parte superior del yacimiento y la Zona de Brechas está hacia la base de los mantos. Según ICM Los recursos en la mina polimetálica Pachapaqui, ubicada en la región Ancash, ascienden como mínimo a 52 millones de toneladas de los cuales 20 millones de toneladas pertenecen a la zona de mantos, hasta la fecha. (https://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=196689, recuperado el 25/12/2018). La

explotación minera se iniciará en la Zona de Mantos, por lo que es necesario la realización del planeamiento de minado para determinar mediante el análisis integral de los factores de producción, sus limitaciones internas y externas; y todo aquel que guarda relación con el objetivo propuesto que es la explotación de la zona de mantos, este planeamiento, constituye la estructura para logara los objetivos de la organización, sus políticas, estrategias, presupuestos, procedimientos, reglas y programas. La Compañía Minera KZ - ICM Pachapaqui S.A.C., necesita de un desarrollo óptimo del minado en base a la explotación subterránea de minerales con contenido de Zn, Pb, Cu y Ag, a un ritmo de producción inicial de 675 tpd, para después ampliar la producción a 3,300 tpd, proyectada al año 2020. Para ello es necesario hacer el planeamiento de minado para el corto y mediano plazo y a la vez enfrentarse a escenarios muy complejos e inestables, es por eso que es necesario tener planes que ayuden a crear horizontes que optimicen sus operaciones, y prevean posibles problemas a futuro que la perjudique, por eso mismo es necesario tener una estrategia para logra el incremento de producción propuesto.

3.1.1. Identificación y selección del problema

La Compañía Minera KZ - ICM Pachapaqui S.A.C., necesita de un desarrollo óptimo del minado para la zona de mantos, para extraer las reservas probadas de Zn, Pb, Cu y Ag, a un ritmo de producción inicial de 675 tpd, para después ampliar la producción a 3,300 tpd, proyectada al año 2020, para ello es realizar el planeamiento de minado para el corto y mediano plazo y de esta manera enfrentarse a escenarios muy complejos e inestables que ocurren en la minería subterránea peruana.

3.1.2. Formulación del Problema

Formulación del problema General:

¿El planeamiento de minado subterráneo se aplicara en la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C,?

Problemas segundarios:

- 1. ¿Cuáles son las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo para lo zona de mantos?
- 2. ¿La Planificación incidirá en el aumento de la producción?.
- 3. ¿Cuáles son las variables para el desarrollo óptimo del minado?

3.1.3. Objetivos de la investigación

3.1.3.1. Objetivo General

Determinar el planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

3.1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo para lo zona de mantos.
- Determinar la Planificación para el aumento de producción.
- Determinar las variables para el desarrollo óptimo del minado.

3.1.4. Justificación

La necesidad de extraer los recursos mineros de la zona de mantos en la mina Pachapaqui con las técnicas modernas para lograr una explotación eficaz y eficiente demuestra que existe la necesidad de aplicar todos los conocimientos del modelamiento y así poder realizar el planeamiento a largo, mediano y corto plazo con la idea mejorar la explotación minera, minimizando los costos de producción y maximizar los ingresos.

Los sistemas de planeamiento de minado evolucionan con el tiempo, conforme la mina es explotada y se conoce cada vez más sobre los cuerpos mineralizados.

Los procedimientos deben ser revisados y mejorados como resultado del conocimiento adicional adquirido y conforme este proceso se desarrolle, el sistema de software minero también necesita ser revisado.

3.1.5. Importancia

La importancia de este trabajo de investigación a la luz de los resultados permitirá la extracción en forma estandarizada y optima de los minerales en la zona de mantos en la mina Pachapaqui logrando maximizar las utilidades.

3.1.6. Delimitación

Delimitación espacial:

La Mina Pachapaqui se ubica en la Cordillera de los Andes, en un cinturón de rocas conocido como Provincia del Mioceno Metalogénico o Cinturón Mineral Central, en las coordenadas 275,600E y 8'902,200N, a una altitud de 4,300 msnm. A 6 km hacia el SW se encuentra el campamento y la planta

a una altitud de 3,900 msnm. Geopolíticamente se sitúa en el distrito de Aquia, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash.

Delimitación temporal: El periodo en el cual se realizará esta investigación comprende el año 2018.

Delimitación social: Se encuentra dirigido a: Gerente de operación, Superintendente de mina, Supervisor y trabajadores de la mina Pachapaqui, así como también a estudiantes de las Escuelas Profesionales de Minas de las Universidades del Perú.

3.1.7. Limitaciones

Para la realización del presente trabajo de investigación se presentaron diversas dificultades, siendo la principal la falta de información.

3.1.8. Alcances

Para todo el personal de la Mina Pachapaqui.

3.2. Hipótesis

Hipótesis General:

El planeamiento de minado subterráneo se aplica para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.

Hipótesis específicas:

- Las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo se aplican en la zona de mantos.
- ❖ La Planificación incide en el aumento de producción.
- Las variables inciden para el desarrollo óptimo del minado.

3.3. Variables

Variable Independiente (x):

Planeamiento de minado subterráneo

Variable dependiente (y):

Zona de mantos KZ-ICM Pachapaqui S.A.C.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla N° 2: Operacionalización de variables

		Indicadores		
Variables		Nombre	Indicador	
Variable Independiente	Planeamiento de minado subterráneo.	Planeamiento de minado	largo plazoMediano plazo yCorto plazo	
Variable		Desarrollo óptimo del minado	% de cumplimiento de la programación y planificación	
Dependiente	Zona de mantos KZ-ICM Pachapaqui S.A.C.	Planeamiento de minado - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Corto plazo - Corto plazo - Mediano plazo - Mediano plazo - Corto plazo - Mediano - Mediano - Mediano - Mediano - Mediano - Mediano - Med	- De 675 tpd, hasta 3,300 tpd	

Fuente: Adaptación propia.

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Tipo de investigación

La investigación que se realizará será tipo correlacional, transversal y descriptivo.

3.4.2. Nivel de la investigación

El nivel será de investigación descriptiva tranversal.

3.4.3. Diseño de investigación

La investigación es no experimental transversal.

3.4.4. Método

Se empleará el método inductivo donde el proceso de los conocimientos se inicia por la observación de fenómenos de carácter general con el propósito de llegar a conclusiones particulares contenidos explícitamente en la situación general.

3.4.5. Población y muestra

Población

Todas las labores mineras proyectadas para la explotación de la zona de mantos, como: Cruceros, sub niveles, galerías, socavones, tajeos, chimeneas, estocadas, refugios, etc.

Muestra

La mina en la zona de Mantos

3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó para la recolección de información son las siguientes:

Tabla N° 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de investigación	Instrumentos	Informantes o fuentes	Ventajas	desventajas
Análisis documental	Fichas bibliográficas	Libros, internet, tesis, entre otros.	Muy objetiva Puede constituir evidencias	Aplicación limitada a fuentes documentales

Observación del campo	Protocolo o guías de observación de campo	Toma de datos por parte del investigador	Contacto directo Con la realidad	Aplicación limitada a aspectos fijos o repetitivos
-----------------------	--	--	---	--

Fuente: Adaptación propia.

3.4.7. Instrumentos de recolección de datos

- Software para planeamiento de minado Minesight.
- Software de Microsoft Office, donde se utilizaron los programas
 Word y Excel, para la elaboración del informe y el procesamiento de los datos.
- Acceso a Internet, para la búsqueda de información referencial.
- Recursos de oficina, como lápices, lapiceros y papel para el registro de la información durante las entrevistas y el proceso de observación directa. Además, un computador para la elaboración del informe.

3.4.7. Metodología de recolección de datos

En la elaboración del presente trabajo de tesis se ha seguido dos etapas consistentes en:

- **Trabajo de campo:** Consistente en recoger la información y registro de la línea de base para ver los parámetros iniciales.
- **Trabajo de gabinete:** Consistente en la evaluación de datos, y la determinación los parámetros necesarios para realizar el planeamiento:

La planificación de la explotación se puede diferenciar tres tipos, según el horizonte de planificación:

- ✓ Planificación a largo plazo.
- ✓ Planificación de mediano plazo.
- ✓ Planificación de corto plazo.

Debemos considerar además que la planificación también, involucra la programación de la asignación de recursos y actividades ligadas a la operación, por lo que podemos complementar la planificación de corto plazo mediano y largo plazo con el correspondiente nivel de detalles considerando:

- a) Capacidad de procesamiento de la planta metalúrgica
- b) Leyes
- c) Contenido fino de elementos metálicos
- d) Contaminantes
- e) Origen y destino de los materiales
- f) Alimentación a los botaderos
- g) Relación Estéril/Mineral
- h) Transporte
- i) Rampas y caminos
- j) Mineral expuesto
- k) Secuencia de explotación
- 1) Alimentación de botaderos
- m) Voladuras
- n) Disponibilidad física de equipos y maquinarias mineras
- o) Rendimientos
- p) Insumos y abastecimientos

- q) Inversiones
- r) Costos utilidades, etc.

CAPITULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Descripción de la realidad y procesamiento de datos

El Proyecto Mina Pachapaqui: El yacimiento Pachapaqui comprende dos zonas de mineralización, la Zona de Mantos y la Zona de Brechas. La Zona de Mantos se encuentra en la parte superior del yacimiento y la Zona de Brechas está hacia la base de los mantos. Con las nuevas exploraciones, también se vienen encontrando brechas delante de la Zona de Mantos. La explotación minera se iniciará en la Zona de Mantos, por lo que esta zona es de interés en la presente evaluación.

La mineralización en la Zona de Mantos se encuentra en tres mantos: Esperanza al techo, Intermedio al centro y Matter al piso, siendo esta última la más importante desde el punto de vista de reservas y leyes. Estos mantos se ubican en el flanco NE del Sinclinal de Mina Pachapaqui, en calizas de la Formación Pariahuanca.

Estas estructuras mineralizadas tienen una longitud aproximada de 400 m en el rumbo de las mismas, siendo el rumbo NW-SE, y 400 m de altura. El buzamiento de los mantos varía de 45° a 50° hacia el SW y la potencia de los mismos es variable desde los 2 a 3 m hasta 25 a 30 m. con unas reservas de 20 millones de toneladas. El método de minado propuesto por el Departamento de Planeamiento de ICM Pachapaqui S.A.C. para la explotación de la zona de mantos es "tajeos abiertos por sub niveles" con taladros largos y utilizando el concepto de tajeos primarios y secundarios, rellenando los tajeos primarios con relleno cementado y los tajeos secundarios con relleno común (no cementado). Se tomará como base de inicio del minado el Nv. 4260. Los cruceros de los subniveles tendrán 4 m x 4 m de sección y el banco de mineral tendrá 11 m de altura, por lo que el tajeo primario tendrá 19 m de altura piso a techo. Los tajeos secundarios tendrán 6 m de ancho.

Las labores de acceso y servicios comprende la rampa, desde esta un crucero y luego un by pass paralelo al rumbo de los mantos, y desde el by pass cruceros de acceso para conformar el techo y piso de los tajeos primarios.

La rampa está ubicada en la caja techo y los by passes tanto en la caja techo como en la caja piso.

En cuanto al método de minado será importante verificar el dimensionamiento de los tajeos, establecer la secuencia de avance del minado, especificar el sostenimiento, y ver los detalles operativos para el logro de condiciones de seguridad satisfactorias tanto a nivel local como global.

En cuanto al relleno cementado, Pachapaqui S.A.C., está proyectando el uso de relaves en la modalidad de relleno hidráulico cementado (CHF – Cemented Hydraulic Fill). En este caso se debe realizar una evaluación geotécnica sobre este tipo de relleno.

4.2 Planeamiento de minado subterránea para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapagui S.A.C.

4.2.1. Explotación de la Zona de Mantos

Introducción. El presente trabajo de investigación trata sobre el Planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, de la compañía minera KZ – ICM Pachapaqui, en el cual se han cubicado por medio de perforaciones diamantinas alrededor de 20 millones de toneladas de reservas minables.

Inicialmente se proyecta realizar un crucero para accederé a las reservas y en un inicio extraer 675 tpd, hasta 3,300 tpd, que es proyectada al año 2020. La necesidad de obtener mayor recuperación en la explotación en la Zona de Mantos hace que se realice un planeamiento de minado a corto y mediano plazo.

Objetivos y Alcances: El objetivo del presente proyecto es analizar la factibilidad técnico económico de la explotación de la mina Pachapaqui en la zona de mantos.

El alcance del presente planeamiento de minado subterráneo es la explotación de la zona de mantos.

Antecedentes: El área de Gayco está compuesta por cinco zonas de tipo Stock Work, de los cuales la zona 1 es un cuerpo de 40 m. X 40 m. La explotación de las cinco zonas de Gayco se inició hace dos años con el método de explotación de Cámaras y Pilares con taladros largos, con una recuperación del 70%. El diseño de la explotación no contempló el relleno de las cámaras debido a la lejanía para abastecer de Relleno Hidráulico y la

ausencia de material detrítico en los alrededores de la bocamina del Nivel 630. A medida que la explotación ha ido avanzando ascendentemente se ha visto la posibilidad de aperturar una labor hacia superficie en el Nivel 700 y alimentar de relleno detrítico hacia las cámaras, lo cual permitiría recuperar el pilar horizontal de la Zona 1.

Generalidades de Geología:

Reservas:

En la tabla N° 4 se muestra las Reservas Probadas Probables del Cuerpo Gayco en las cinco zonas desde el Nivel 580 al 700.

Como se puede observar del Cuadro 01 la zona 3 es la que tiene mayor Valor de Mineral.

Tabla N° 4: Reservas zona Gayco

Zona	Blocks	Nivel	Tonelaje	%Cu	%Pb	%Zn	Oz Ag	V.M. (\$/Ton)
3	13 + 104	671	13680	0.59	3.23	5.02	4.18	46.41
5	14 + 106	671	7260	0.57	3.09	4.12	3.27	39.06
2	15 + 102	671	7700	0.43	3.16	5.27	2.66	43.63
1	12 + 100	671	77837	0.54	3.25	4.28	3.58	40.82
TO	ΓAL NIVEL 671		106477	0.54	3.23	4.40	3.57	41.43
1	2	645	32907	0.52	3.29	4.03	3.64	39.65
TOTAL	NIVEL 645		32907	0.52	3.29	4.03	3.64	39.65
Zona	Blocks	Nivel	Tonelaje	%Cu	%Pb	%Zn	Oz Ag	V.M. (\$/Ton)
2	25+116+103+6	580	33950	0.39	3.085	4.096	2.898	37.38
5	23+114+107+16	580	17600	0.52	3.31	4.16	3.14	39.29
1	3 + 101	580	149820	0.71	3.34	4.76	4.2	45.79
1N	21 + 112 + 19 + 110	580	80710	0.60	3.27	3.99	4.42	41.42
1 S	17 + 108	580	44510	0.32	2.42	3.57	2.49	31.77
3	9 + 105	580	14800	0.51	3.41	4.92	3.94	45.41
TOTAL NIVEL 580		341390	0.58	3.18	4.33	3.83	41.74	
TOTAL GAYCO 671+645+580		480775	0.57	3.21	4.32	3.75	41.45	

Fuente: Ingeniería mina

Características Geológicas: El Cuerpo Gayco tiene las siguientes características:

■ Rumbo : NS

■ Buzamiento : 70 grados al Este

• Potencia promedio : 40 m.

■ Longitud del Cuerpo : 150 metros

Vetas aisladas que forman un Stock Work.

Tipo de roca : Competente con cajas regularmente definidas.

La mineralogía está compuesta por los siguientes minerales:
 Esfalerita, Galena, Pirita, con ganga de Cuarzo y Calcita.

Exploraciones y Desarrollos:

Labores de Exploraciones y Desarrollos: Dentro de las labores de exploraciones y desarrollos, se tienen programados en el Nivel 700 la Rampa Positiva que va explorar el cuerpo Gayco hasta el Nivel 750, el cual se observa en el tabla N° Cuadro 5.

Tabla N° 5: Programa de exploraciones y Desarrollos

LABOR	LONG. (m.)	OBJETIVO	SEC. (m2)	PLAN
Nivel 580				
Galerías	310	Desarrollar las Zonas 1 al 5	3.5 x 3	C.P.
Sub-total 580	310			
Nivel 700				
Rampa 211	380	Reconocimiento del Cuerpo Gayco	3,5. x 3	C.P.
Galerías	535	Desarrollar las zonas 1 al 5	3,5. x 3	C.P.
Sub-total 700	915			
Total	1225			

C.P.= Corto plazo; M.P.: Mediano plazo; L.P. Largo plazo.

Fuente: Ingeniería mina.

Perforación Diamantina: Con el objetivo de localizar la continuidad del Cuerpo Gayco tanto en profundidad como en altura, se tiene programado para el presente año realizar 1100 metros de sondajes diamantinos. El programa de perforación diamantina se muestra en la tabla N° 6.

Tabla N° 6: Programa de Perforación Diamantina

# DDH	UBICACIÓN	NIVEL	LONG.	PLAN	DESCRIPCION Y OBJETIVO
2	Cx 950 N	580	320 m.	C.P.	Ubicar mineral debajo del 580
3	Cx. 275 S	580	270 m.	C.P.	Ubicar mineral debajo del 580
1	Cx 206	671	120 m.	C.P.	Ubicar mineral sobre el 671
3	Cx.	700	390 m.	C.P.	Ubicar mineral sobre el 700
Total Nive	1 380		1100 m.		

C.P.= Corto plazo; M.P.: Mediano plazo; L.P. Largo plazo.

Fuente: Ingeniería mina.

Planeamiento de Minado: Para la elaboración del Planeamiento de Minado para el cumplimiento del programa de Producción de 12,000 toneladas mensuales, se han considerado los estándares existentes obtenidos del seguimiento realizado durante los dos últimos años. Además de las recomendaciones geotecnicas del consultor.

Labores de Preparaciones: De las cinco zonas existentes, la Zona 1 es la de mayor volumen para ello se tiene preparado la explotación hasta el Nivel 700; las preparaciones del Nivel 700 para encima se muestran en el Anexo 01. Para el método de explotación de "Cámaras y Pilares" se requieren desarrollar "By Passes" distanciado 10 metros del cuerpo, que servirá para la extracción del mineral, y luego comunicarlos a la Veta con cruceros distanciados cada 10 metros de eje a eje.

Método de Explotación: Como ya se comentó anteriormente, a excepción de la Zona 1 las demás zonas son vetas de 4 metros de potencia con una longitud de 40 metros en promedio para lo cual se utilizará el método de explotación de Tajeo por Subniveles con posterior relleno detrítico para

obtener la mayor recuperación. Por otro lado la Zona 1, que es un cuerpo de 40 metros de potencia por 40 metros de longitud está siendo explotado por Cámaras con un pilar central de 10 metros de ancho, desde el Nivel 645 al 700.

Cálculo de tonelaje explotable: Para el cálculo del tonelaje explotable para el método de Cámaras y Pilares con equipo SIMBA se ha considerado un tajo de 40 metros de potencia por 15 metros de longitud con malla de: E= 2, V= 1.5, con un rendimiento de 90 metros de perforación.

El cálculo del Tonelaje explotable por tajeo para el método de explotación de Shrinkage y Corte y relleno se observan en la tabla N° 7.

Tabla N° 7: Calculo del Tonelaje Explotable para la Zona 1.

Longitud de la Cámara	40	m.
Altura de corte:	12	m.
Ancho de minado:	15	m.
Volumen roto en un corte:	7200	m3.
Tonelaje:	25200	
Número de taladros:	200	
Metros de Perforación	2400	
Malla:	E=2; V=1.5	
Número de taladros/guardia	7	
Metros de perforación por guardia	90	
Numero de guardias perforación por corte:	29	
Número de guardias de limpieza:	105	
Total guardias:	134	
Tonelaje explotable/mes:	9433	

Fuente: Ingeniería mina.

Servicios Auxiliares: Los servicios como aire comprimido, agua, energía y otros ingresan por el nivel 630. El aire comprimido se abastece desde superficie con una compresora de 1000 .c.m.

Para el agua se tiene una poza en superficie donde se acumula agua para perforación. La energía eléctrica se alimenta en 2300 voltios, para luego convertirse a 440 voltios en la bocamina del Nivel 630.

Ventilación: El área de Gayco tiene un Arkbro comunicado a superficie, donde se encuentra instalado un ventilador de 50,000 CFM que ayuda a la ventilación. Está programado un crucero de 145 metros a superficie en el Nivel 700 con lo cual no habrá problemas de ventilación.

Equipos: En el área de Gayco se tienen operativos los siguientes equipos:

- 02 Scoops diesel de 3.5 yd3 (uno de ellos a control remoto)
- 01 SIMBA
- 01 Jumbo SIMBA:
- 02 Locomotoras Clayton de 10 ton.

Tabla N° 8: Inversión en equipos

Equipo	Costo (\$)
1 SIMBA.	350000
1 Camioneta pick up	30000
1 Locomotora CLAYTON de 10 Ton.	50000
Total	430000

Fuente: Ingeniería mina.

Requerimiento de Personal y Eficiencia:

Labores de Preparación:

6 hombres en los frentes

Labores de explotación para los tajeos taladros Largos

Considerándose 01 tajo de explotación se requerirá el siguiente personal:

- 01 Perforista de SIMBA
- 01 Operador de Scoop
- 02 Disparadores
- 01 Ingeniero
- Total 5 Hombres/guardia.
- Tonelaje a producir 240 TMS/guardia

Eficiencia: En las labores de explotación se tiene una Eficiencia de 48 Tm./hombre guardia. Considerando la preparación la eficiencia sería de 22 Tm./hombre guardia.

Requerimiento de Materiales: En el Cuadro 05 se muestra el requerimiento de materiales adicionales a los existentes, para el cumplimiento del programa de producción y avances.

Tabla N° 9: Requerimiento de Materiales

NIVEL 610

Cantidad	Unidad	Materiales
150	Mts.	Mangas de ventilación
200	Mts.	Tubería de 4"
200	Mts.	Tubería de 2"

NIVEL 700

Cantidad	Unidad	Materiales
300	Mts.	Mangas de ventilación
400	Mts.	Tubería de 4"
400	Mts.	Tubería de 2"

Requerimiento de Materiales

Inversiones y Costos: En el siguiente cuadro se tiene el resumen de la inversion realizada.

Tabla N° 10: Requerimiento de Materiales

Descripción	Costo (\$)
Equipos	430,000
Materiales	20,000
TOTAL	450,000

Fuente: Ingeniería mina.

Evaluación Económica: La evaluación económica se hizo con los siguientes parámetros:

Reservas: 430,775 Toneladas

■ Valor de Mineral: \$41.45/tm.

■ Inversión: \$ 450,000

Producción mensual: 12000 Tm/mes

Costo de producción de Gayco: \$38.87/Tm.

Tabla N° 11: Cronograma de Planificación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud ocupacional

ЕТАРА	ELEMENTO	ACTIVIDADES	ENTREGABLE	EVIDENCIA	RESPONSABLE
REQUISITOS GENERALES	Alcance de SGSSO	Definir Mapa de Procesos de la empresa	Mapa de Procesos	Documento	Supervisor SSO
REQUISITOS GENERALES	Alcance de SGSSO	Definición Alcance del SGSSO	Alcance del SGSSO	Documento	Supervisor SSO
		Inspección Visual de Instalaciones de la empresa		Documento	Supervisor SSO
		Entrevista con gerente general		Documento	Supervisor SSO
ETAPA 1 DIAGNOSTISCO		Entrevista con trabajadores		Documento	Supervisor SSO
SITUACIONAL	Diagnostico Situacional	Inspección Documentaria de seguridad y salud	Informe del diagnóstico situacional	Documento	Supervisor SSO
		Análisis y Procesamiento de la Información		Documento	Supervisor SSO
		Elaboración de Informe de diagnóstico situacional de la empresa		Documento	•
		Revisión de Política SSO	Política SSO	Documento	Supervisor SSO y Gerente General
		Modificación de Política SSO		Documento	
	Política SSO	Aprobación de Política SSO		Documento	Gerente General
		Difusión de la Política SSO		Registro de Difusión	Supervisor SSO
		Implementación de la Política SSO		Política expuesta en campo	Supervisor SSO
		Elaboración de Procedimiento del IPERC	Procedimiento IPERC	Documento	Supervisor SSO
		Aprobación de Procedimiento del IPERC	1 locedimento if ERC	Documento Firmado	Gerente General

		Elaboración del IPERC		Documento	Supervisor SSO, Comité SSO y Jefe de Planta
	Matriz IPERC	Aprobación del IPERC	Matriz IPERC	Documento Firmado	Gerente General
		Difusión del IPERC	Maurz IFERC	Registro de Difusión	Supervisor SSO
		Implementación de matriz IPERC		IPERC en campo	Supervisor SSO y Jefe de Área
		Elaboración de Mapa de Riesgos		Documento	Supervisor SSO, Comité SSO y Jefe de Planta
	M 1 D	Aprobación de Mapa de Riesgos	Mapa de Riesgos	Documento Firmado	Gerente General
ETAPA 2 PLANIFICACION	Mapa de Riesgos	Difusión de Mapa de Riesgos	Wapa de Riesgos	Registro de Difusión	Supervisor SSO
		Implementación de Mapa de Riesgos		Mapa de Riesgos en Campo	Supervisor SSO
		Elaboración de Procedimiento del	Procedimiento de Identificación de Requisitos	Documento	Supervisor SSO Gerente General y Coordinador SIG Asesor Legal Externo
	Identificación de Requisitos Legales	Aprobación del Documento	Legales	Documento Firmado	
		Elaboración del Listado de Requisitos Legales	Listado de Requisitos Legales	Documento	Asesor Legal Externo
		Aprobación del Documento		Documento Firmado	Gerente General
		Definición de objetivos SSO		Documento	Supervisor SSO, Comité SSO, Gerente General
		Aprobación de Objetivos SSO		Documento Firmado	Gerente General
		Difusión de Objetivos SSO		Registro de Difusión	Supervisor SSO
	Objetivos de SSO	Implementación de Objetivos SSO	Objetivos SSO	Objetivos expuestos en campo	Supervisor SSO
		Medición y Control de Objetivos SSO		Indicadores de Cumplimiento de Objetivos	Supervisor SSO
	Plan Anual SSO	Elaboración de Plan Anual SSO	Plan Anual SSO	Documento	Supervisor SSO
		Aprobación de Plan Anual SSO		Documento Firmado	Gerente General y comité SSO

		Elaboración de Programa		D	Supervisor SSO y comité		
		Anual SSO		Documento	SSO		
		Aprobación de Programa Anual de SSO		Documentos Firmados	Gerente General y comité SSO		
		Difusión de Programa Anual de SSO		Registro de Difusión	Supervisor SSO		
	Programa Anual SSO	Implementación Programa Anual de SSO	Programa Anual SSO	Registros según Programa	Supervisor SSO		
		Medición y Control de Programa Anual de SSO		Indicadores de Cumplimiento de Programa	Supervisor SSO		
	Entrega de Informe de Etapa de Planificación del Sistema a la Gerencia General						
	Responsabilidades en el	Definición de funciones y asignación de	Funciones y	Documento	Supervisor SSO		
	SGSSO	Difusión de Responsabilidades	Responsabilidades	Registro de Difusión	Supervisor SSO		
	Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el	Elaboración de RISSO	Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el	Documento	Supervisor SSO		
		Aprobación de RISSO		Documento Firmado	Gerente General y comité SSO		
ETAPA 3 IMPLEMENTACION		Difusión de RISSO		Registro de Difusión	Supervisor SSO		
		Elaboración de Programa Anual de Capacitación		Documento	Supervisor SSO		
	Competencia y capacitación	Aprobación de Programa Anual de Capacitación	Programa Anual de	Documento Firmado	comité SSO y Gerente General		
		Implementación de Programa Anual de	Capacitación en SSO	Registro de Capacitación	Supervisor SSO		
		Medición de Programa Anual de Capacitación en		Evaluación de Capacitación	Supervisor SSO		
		Establecer el medio de Comunicación,		Documento	Supervisor SSO y Coordinador SIG		
		Aprobación del Documento	Medio de Comunicación,	Documento Firmado	Gerente General		
		Difusión de medio de Comunicación,	Participación y Consulta	Registro de Difusión	Supervisor SSO		
	Comunicación, Participación y Consulta	Implementación de medio de Comunicación,		Medio para Participación y Consulta (Recomendaciones	Supervisor SSO y Coordinador SIG		

		Elaboración de Procedimiento de control de	Procedimiento de control de documentos y registros	Documento	Supervisor SSO		
		Aprobación del Documento	, ,	Documento Firmado	Gerente General y Coordinador SIG		
		Elaboración de Lista Maestra de Documentos	Lista Maestra de Documentos	Documento	Supervisor SSO		
	Control Documentario	Aprobación de Lista Maestra de Documentos			Gerente General y Coordinador SIG		
		Elaboración de PETS	PETS	Documento	Jefe de Área y Supervisor SSO		
ETAPA 3 IMPLEMENTACION		Elaboración de Estándares de Seguridad	Estándares de Seguridad	Documento	Jefe de Área y Supervisor SSO		
	Control Operacional	Aprobación de PETS y estándares de seguridad		Documentos Firmados	Gerente General		
		Difusión de PETS y estándares de seguridad		Registro de Difusión	Jefe de Área y Supervisor SSO		
		Implementación de PETS y estándares de seguridad		Implementación en campo	Jefe de Área y Supervisor SSO		
		Elaboración Plan de Contingencias y Respuesta a Emergencias	Plan de Contingencias y Respuesta ante Emergencias	Documento	Supervisor SSO y Comite SSO		
	m 1 G ()	Elaboración de Programa Anual de Simulacros	Programa Anual de Simulacros	Documento	Supervisor SSO y Comite SSO		
	Plan de Contingencias y Respuesta ante Emergencias	Aprobación de los Documentos		Documentos Firmados	Gerente General		
	Emergeneius	Difusión de los Documentos		Registro de Difusión	Supervisor SSO		
		Implementación de Brigadas y Ejecución de Simulacros		Capacitación de Brigadas, Registro de Participación de Simulacro, Evaluación de Simulacro	Supervisor SSO		
		Entrega de Informe de Etapa de Implementación del Sistema a la Gerencia General					
	Indicadores para evaluación del desempeño	Establecimiento de Indicadores para Evaluación		Documento	Supervisor SSO		
		Aprobación de Indicadores	Matriz de Indicadores	Documento Firmado	Gerente General		

		Medición y Control de indicadores		Indicadores de Cumplimiento	Supervisor SSO
		Elaboración del Procedimiento de Informe,		Documento	Supervisor SSO
ETAPA 4 EVALUACION	Informe, Investigación y Análisis de Accidentes	Aprobación del Documento	Proc. de informe, investigación y análisis de	Documento Firmado	Gerente General y Coordinador SIG
		Difusión del Documento		Registro de Difusión	Supervisor SSO
		Implementación del Documento		Informe de Investigación	Supervisor SSO, Jefe de Área, chomite SSO,
		Elaboración del Procedimiento de acciones		Documento	Supervisor SSO
		Aprobación del Documento	Proc. de acciones	Documento Firmado	Gerente General y Coordinador SIG
	Acciones correctivas y acciones preventivas	Difusión del Documento	correctivas y preventivas	Registro de Difusión	Supervisor SSO
		Implementación del Documento		Solicitud de Acciones Correctivas y Preventivas	Supervisor SSO, Jefe de Área, Gerente General
		Elaboración de Procedimiento de auditoria	Procedimiento de auditoria interna	Documento	Supervisor SSO
		Elaboración de Programa de auditoria interna	Programa de Auditoria Interna	Documento	Supervisor SSO
		Aprobación de los Documentos		Documentos Firmados	Gerente General y Coordinador SIG
		Difusión de los Documentos		Registro de Difusión	Supervisor SSO
		Implementación de los Documentos - Llevar a cabo		Acta de Auditoria	Coordinador SIG, Gerente General, Supervisor SSO y
		Elaboración de informe de auditoría interna		Documento	Auditor Interno
		Levantamiento de no conformidades		Solicitud de Acciones Correctivas y Preventivas	Supervisor SSO, Jefe de Área, Gerente General
		Implementación de los Documentos - Llevar a cabo		Acta de Auditoria	Coordinador SIG y Auditor Externo
		Revisión de informe de auditoría externa		Documento	Supervisor SSO y Gerente General
	Auditoria Interna	Levantamiento de no conformidades		Solicitud de Acciones Correctivas y Preventivas	Supervisor SSO, Jefe de Área, Gerente General

	Entrega de Informe de Etapa de Evaluación del Sistema a la Gerencia General				
		Revisión de información resultante de la evaluación		Documento	Gerente General
ETAPA 5 ACCION PARA LA		Elaboración de informe de la revisión por la dirección	Informe de Revisión por la	Documento	Supervisor SSO
MEJORA CONTINUA		Aprobación de informe de revisión por la dirección	dirección	Documento Firmado	Gerente General
	Revisión por la dirección	Implementación de acciones correctivas y preventivas		Solicitud de Acciones Correctivas y Preventivas	Supervisor SSO, Jefe de Área, Gerente General

Fuente: Guillen, 2017, adaptado por el Tesista

4.3 Investigaciones geomecanicas.

Caracterización de la masa rocosa:

Registro de datos:

El registro de la información geomecánica se efectuó a partir del mapeo geomecánico de la masa rocosa expuesta en las labores subterráneas de los diferentes niveles de la mina. Por otro lado, se tuvo disponible la data del mapeo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos ejecutados como parte de los trabajos de exploración del yacimiento, trabajo este que estuvo a cargo del personal del Departamento de Geología de Mina Pachapaqui. El mapeo geotécnico de la masa rocosa expuesta en las labores subterráneas, se llevó a cabo utilizando el "método directo por celdas de detalle". Mediante este método se realizaron mediciones sistemáticas de las discontinuidades presentes en 34 estaciones de medición en los Nvs. 4260, 4275 y 4320, representadas cada una de ellas por un área de extensión variable de la roca expuesta en las labores mineras. La ubicación de las estaciones de medición se puede ver en los planos. Los parámetros de observación y medición fueron obtenidos en formatos de registro diseñado para este propósito, adecuándolos a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM). Ver Anexo 1. Estos parámetros fueron: tipo de roca, tipo de sistema de discontinuidad, orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, tipo de relleno, espesor del relleno, intemperización y presencia de agua. Adicionalmente se registraron datos de resistencia y del grado de fracturamiento de la roca para definir el ROD (Rock Quality Designation). A fin de verificar la data del mapeo geotécnico de los testigos de los sondajes diamantinos efectuado por el personal de Mina Pachapaqui, se realizaron observaciones de los testigos rocosos representativos del mineral y de las cajas techo y piso del yacimiento. La data del mapeo geotécnico de testigos fue tratada y analizada para ser acondicionada a formatos adecuados a las normas del ISRM (Ver Anexo 2), con similares parámetros de observación y medición que los mencionados en el párrafo precedente. La data del mapeo geotécnico de testigos fue registrada en 199 sondajes, haciendo un total de 47,300 m de longitud.

Aspectos litológicos: Las características litológicas simplificadas de la masa rocosa involucrada con los mantos mineralizados son las siguientes: en la caja techo del Manto Esperanza se presentan calizas grises de la Formación Pariahuanca y en la caja piso calizas con horizontes skarnizados; en la caja techo del Manto Intermedio se presentan calizas con horizontes skarnizados, en el piso del mismo y que conforma la caja techo del Manto Matter se presenta skarn con horizontes de caliza y en la caja piso de Matter se presenta skarn totalmente. Dicho de otro modo, en la Zona de Mantos, al techo de los mismos se presentan calizas grises y al piso se presenta el skarn. Al piso alejado se encuentra el intrusivo granodiorítico. En los caballos estériles se presentan calizas con horizontes de skarn que van gradando hacia el piso a skarn con horizontes de calizas. En la Zona de Brechas, la roca encajonante está conformada por calizas de la Formación Pariahuanca.

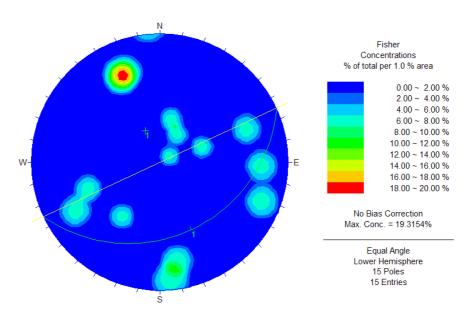
Distribución de discontinuidades: Para establecer las características de distribución de discontinuidades o arreglo estructural de la masa rocosa, se procesaron los datos orientacionales mediante técnicas estereográficas, utilizando la versión avanzada del programa de cómputo DIPS (1995), elaborado por M.S. Diederichs y E. Hoek del Grupo de Ingeniería de Rocas del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto (Canadá), y también la versión 5.103 de Rocscience Inc. (2004). La primera versión se utilizó por las facilidades gráficas que ésta presenta.

Se ha realizado una interpretación de los datos estructurales, principalmente de fallas, las cuales aparecen en los planos geológicos desarrollados por ICM Pachapaqui SAC, y también de los datos registrados como parte del presente estudio. Los resultados de las características de distribución de las discontinuidades estructurales se presentan, en los Planos Geomecánicos y en las figuras del Anexo 3. Un resumen de estos resultados se presenta en la tabla N° 12.

Tabla N° 12: Sistemas de discontinuidades estructurales

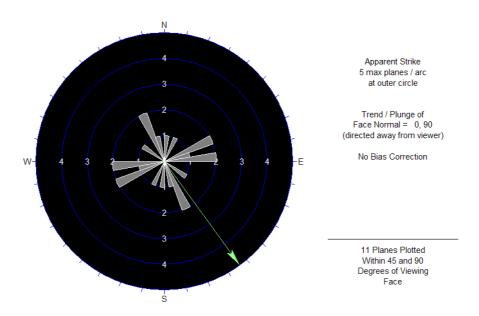
Cuerpo mineralizado	Descripción	Roca Caliza	Mineral
	Rumbo / Buzamiento	N42°W/60°SW	N32°W/68°NE
mayores (fallas)	Dir. de Buzam. / Buzam.	245°/60°	058°/68°

Figura N° 6: Diagrama estereográfico de contornos del compósito de fallas (Roca Caliza). Fuente: El Tesista.



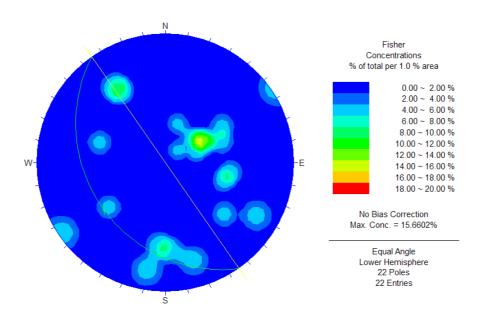
En la **Figura Nº06**, podemos apreciar que mediante el análisis estereográfico de la excavación minera subterránea tiene un rumbo de N 42° W, mientras que la familia representativa se encuentra en contra de la excavación con un buzamiento de 60°.

Figura N° 7: Diagrama estereográfico de planos principales del compósito de fallas (Roca Caliza). Fuente: El Tesista.



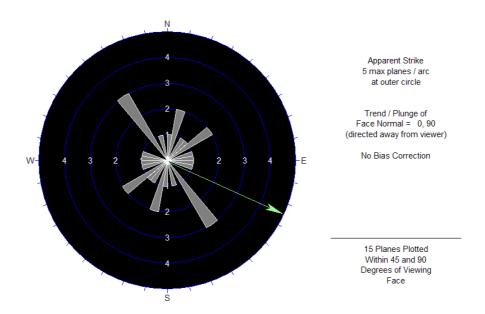
En la **Figura Nº07**, se puede apreciar mediante la roseta que la excavación minera subterránea es estable.

Figura N° 8: Diagrama de roseta del compósito de fallas (Mineral) Fuente: El Tesista.



En la Figura **N°08**, podemos apreciar que mediante el análisis estereográfico de Veta tiene un rumbo de S 65° E, mientras que la familia representativa se encuentra a favor de la Veta con un buzamiento de 62°.

Figura N° 9: Diagrama estereográfico de contornos del compósito de discontinuidades (Mineral) Fuente: El Tesista.



En la **Figura N°09**, se puede apreciar mediante la roseta que la Veta es estable.

El análisis realizado en base a toda la información que se ha registrado y se ha tenido disponible, ha indicado que el arreglo estructural de la masa rocosa asociada a la Zona de Mantos y Zona de Brechas es bastante homogéneo, existiendo una relación similar de las orientaciones de la estratificación, fallas y vetas.

Existen tres sistemas principales de discontinuidades.

- Sistema 1 (Denominado Roca Encajante Caja Piso y Caja Techo): Con rumbo NW y moderado buzamiento al SW. Este es el principal sistema, relacionado con la orientación de los matos mineralizados (Esperanza, Intermedio y Matter) y también con la orientación de la estratificación y de las fallas.
- Sistema 2 (Mineral o masivo): con rumbo NW y moderado buzamiento al NE. El rumbo es paralelo al Sistema 1 pero el buzamiento es contrario al mismo. Está conformado por diaclasas y

fallas.

Cabe indicar que la información estructural respecto a las fallas fue obtenida de los planos geológicos de los Nvs. 4260, 4275, 4290 y 4320 elaborados por el personal de Geología de Mina Pachapaqui.

Aspectos estructurales: Las características estructurales de las discontinuidades se establecieron mediante tratamiento estadístico de la información registrada en los mapeos geotécnicos, la que se trató de compatibilizar con las observaciones in-situ. Según esto, las siguientes son las principales características estructurales de las discontinuidades tanto mayores como menores:

Fallas: Las fallas tienen espaciamientos por lo general de 2 a 5 m y persistencia de decenas a centenas de metros. Estas fallas se ubican generalmente paralelas a los mantos, y están asociadas a la mineralización tal como se ha podido observar durante los trabajos de campo, así como en los Planos Geológicos. Las fallas presentan relleno de materiales de arcilla, panizo, brechas y materiales oxidados, con espesores de 10 a 50 cm. Las aperturas son menores a 5 mm; las superficies de las caras son lisas y presentan espejos de fallas. Estas fallas constituyen conductos para el agua subterránea.

Estratos: Sus características estructurales son: espaciamiento entre 20 a 60 cm, habiendo también espaciamientos entre 6 y 20 cm, la persistencia es mayor a 10 m, apertura variable menor a 1 mm, con paredes ligeramente rugosas, el relleno es suave con presencia de arcilla y calcita, con espesores de hasta 2 mm, las paredes de los estratos están ligeramente alteradas a sanas, con presencia de humedad mayormente.

Diaclasas: Sus características estructurales son: espaciamiento por lo general está entre 20 a 60 cm, persistencia de 3 a 10 m, apertura variable menor a 1 mm, con

paredes ligeramente rugosas, el relleno es suave con presencia de arcilla y calcita, las paredes de las discontinuidades están ligeramente alteradas a sanas, con presencia de humedad y encontrándose en algunos casos superficies mojadas y goteo.

Clasificación geomecánica de la masa rocosa: La clasificación geomecánica de la masa rocosa se realizó utilizando el criterio de Bieniawski de 1989 (RMR – Rock Mass Rating o Valoración de la Masa Rocosa).

Los valores de resistencia compresiva de la roca intacta fueron obtenidos conforme a los procedimientos señalados sobre la Resistencia de la roca intacta. Los valores de designación de la calidad de la roca (RQD) fueron determinados mediante el registro lineal de discontinuidades utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1986) teniendo como parámetro de entrada principal la frecuencia de fracturamiento por metro lineal. También se tuvo disponible valores de RQD de la data del mapeo geotécnico de testigos de los sondajes diamantinos.

El criterio de Bieniawski (1989) modificado para esta evaluación a fin de clasificar a la masa rocosa, se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla Nº 13: Criterio para la clasificación de la roca Caliza

Empresa: MI	NA PACHAPAQU	Lugar: PLANEAM Tipo de Roca y/o Mine			,		n: <i>04/04/2019</i> = 89	
VALORIZACI	ON DEL MARCIZO (, ,,		00 (mpa) =	134	nqs -		
	AMETRO	K.W.K) - Clasificacion Ki	MR de Bieniawski (1989)	GO DE VALORES Y VALORIZ	ACIONES		VALORACIÓN	
RESIST. COMP. UNIAXIAL >250=R6 (15)			100-250 =R5 (12)	50-100=R4 (7)	25-50 =R3 (5)	<25(2)=R2, <5(1)=R1	1 12	
	%) (fracts.)	90-100 (2-6) (20)	` '	50-75 (12-20) (13)	25-50 -RS (5) 25-50 (>20 frac) (8)			
	MIENTO (m)	>2 (20)	75-90 (6-12) (17) 0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	<25 (Bxdo) (3) <0,06 (5)		
ESPACIA	PERSISTENCIA	<1m long. (6)		3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (5)		
CONDICIÓN			Ŭ , ,	` '	` '			
DE	RUGOSIDAD	Cerrada (6)	<0.1mm apert (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)		
JUNTAS	RELLENO	Muy rugosa (6) Limpia (6)	Rugosa (5) Duro < 5mm (4)	Lig.rugosa (3) Duro>5mm (2)	Lisa (1) Suave < 5 mm (1)	Espejo de falla (0) Suave > 5 mm (0)		
JUNIAS	ALTERACIÓN	Limpia (6) Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterad (3)	Muy Alterada .(2)	` '		
ACHA SH	IBTERRÀNEA	Sana (6) Seco (15)	Humeda (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Descompuesta (0) Flujo (0)		
AGUA 30	AGOA SOBTERMANUA (15) Hullieda (10) Mojado (7) Goteo (4) Friujo (0)				VALOR TOTAL RMR			
				LASE DE MACIZO ROCOSO			VALOR TOTAL RIVIR	
					20-0	72		
_	RIPPCION	I MUY BUENA	II BUENA			V MUY MALA	II BUENA	
DESCI	WIT CIOIV	TWOTBOLIVA				VIVIOTIVIALA	II DOLIVA	
			COF	RRECCIÓN POR ORIENTACIÓ	DN .		1	
		licular al eje de tùnel			Rumbo paralel	o al eje del tùnel	Echado de 0-20° independiente del	
	en el sentido de		Penetraciòn contra	ı	·			
Echado		Echado	Echado	Echado	Echado	Echado	rumbo	
45°-90°		20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45° Regu.		
Muy favo.		Favo.	Regu.		Desfavo. Muy desfav.		Desfavo.	
0		-2	-5	-10	-12	-5	-10	
			SIGNIFICADO	D DE LAS CLASES DE MACIZ	O ROCOSO		1	
TIEMPO DE M	MANTENIMIENTO	10 AÑOS PARA	6 MESES PARA	1 SEMANA	5 HORAS	10 MINUTOS	RMR (Bás.)	
		5 m.	4 m.	PARA 3 m.	PARA 1.5 m.	PARA 0.5 m.	<i>72</i>	
COHESIÓN		>30.66 Mpa	20.44 - 30.66 Mpa	15.33 - 20.44 Mpa	10.22 - 15.33 Mpa			
ANG. DE FRIC	CCIÓN	>45°	40°-45°	30°-40°	30°-35°	<30°	-5	
DESCRIPCIÓN	N:							
		La dirección de excavacio	on minera subterranea esta e	n contra del set de familia con	n un buzamiento de 60°.		RMR (Correg.)	
	Por lo que la condición geomecánica de la fexcavacion minera subterranea es buena, y por lo tanto estable.							
SUB - TIPO								
OBSERVACIO	NIEC:							

Fuente: El Tesista.

Tabla N° 14: Criterio para la clasificación del Mineral

Empresa: MII	NA PACHAPAQU	Lugar: PLANFAM	IENTO DE MINADO	l ahor:	Roca Encajante	Fecha	04/04/2019	
Tipo de Roca y/o Minera				,				
VALORIZACIO	ON DEL MACIZO (R.M.R) - Clasificación RI	MR de Bieniawski (1989)					
PARA	AMETRO		RANG	GO DE VALORES Y VALORIZ	ACIONES		VALORACIÓN	
RESIST. COM	P. UNIAXIAL	>250=R6 (15)	100-250 =R5 (12)	50-100=R4 (7)	25-50 =R3 (5)	<25(2)=R2, <5(1)=R1	1 7	
RQD (9	%) (fracts.)	90-100 (2-6) (20)	75-90 (6-12) (17)	50-75 (12-20) (13)	25-50 (>20 frac) (8)	<25 (Bxdo) (3	2 13	
ESPACIA	MIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (8)	<0,06 (5)	3 8	
	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A 1	
CONDICIÓN	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	>5 mm (0)	4B 1	
DE	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0	4C 3	
IUNTAS	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro>5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D 1	
	ALTERACIÓN	Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	Mod.Alterad (3)	Muy Alterada .(2)	Descompuesta (0)	4E 2	
AGUA SU	IBTERRÀNEA	Seco (15)	Humeda (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5 10	
							VALOR TOTAL RMR	
			С	LASE DE MACIZO ROCOSO				
F	RMR 100-81 80-61 60-41 40-21 20-0		20-0	46				
DESCF	RIPPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR IV MALA V MUY MA		V MUY MALA	III REGULAR	
			COF	RECCIÓN POR ORIENTACIÓ	DN			
	Rumbo perpend	licular al eje de tùnel			Dumba navalal		Fahada da 0 200	
Penetraciòn	en el sentido de	l rumbo	Penetraciòn contra	el rumbo	Kumbo paraiei	o al eje del tùnel	Echado de 0-20° independiente del	
Echado		Echado	Echado	Echado	Echado	Echado	rumbo	
45°-90°		20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	Tullibo	
Muy favo.		Favo.	Regu.	Desfavo.	Muy desfav.	Regu.	Desfavo.	
0		-2	-5	-10	-12	-5	-10	
			SIGNIFICADO	D DE LAS CLASES DE MACIZ	O ROCOSO			
TIEMPO DE N	1ANTENIMIENTO	10 AÑOS PARA	6 MESES PARA	1 SEMANA	5 HORAS	10 MINUTOS	RMR (Bás.)	
		5 m.	4 m.	PARA 3 m.	PARA 1.5 m.	PARA 0.5 m.	46	
COHESIÓN		>30.66 Mpa	20.44 - 30.66 Mpa	15.33 - 20.44 Mpa	10.22 - 15.33 Mpa	<10.22 Mpa	Corrección	
ANG. DE FRIC	CIÓN	>45°	40°-45°	30°-40°	30°-35°	<30°	0	
DESCRIPCIÓN	N:							
		La dirección de excavacio	on minera subterranea esta e	n contra del set de familia con	n un buzamiento de 60°.		RMR (Correg.)	
Por lo que la condición geomecánica de la fexcavacion minera subterranea es regular, y por lo tanto estable.								
SUB - TIPO								
OBSERVACIO	NIFS:							

Fuente: El Tesista.

Las fuentes de información para clasificar a la masa rocosa de las áreas de evaluación han sido: el mapeo geomecánico de la masa rocosa de las labores subterráneas y los registros del mapeo geotécnico de los testigos rocosos de los sondajes diamantinos ejecutados por el personal de la Mina Pachapaqui.

Un resumen de los mismos se presenta en el Tabla N° 15, en donde se dan los rangos de valores de calidad de la masa rocosa (expresado en RMR) por tipos de rocas presentes en el área de estudio. Cabe señalar que los rangos de los valores de RMR, corresponden a los datos registrados en el mapeo geotécnico de labores mineras.

Tabla N° 15: Calidad de la masa rocosa por tipo de roca

Sector	Litología	Rango RMR	Calidad de la masa rocosa
	Caliza	72 – 67	IIB - Buena
Zona de Mantos	Mineral	46 – 46	IIIB - Regular

Fuente: El Tesista.

Zona de Mantos:

La calidad que predomina en la masa rocosa mineralizada es Regular (IIB).

La Caliza se presenta homogénea en calidad, de Regular (IIB)

Zonificación geomecánica de la masa rocosa: Para la aplicación racional de los diferentes métodos de cálculo de la mecánica de rocas, es necesario que la masa rocosa bajo estudio esté dividida en áreas de características estructurales y mecánicas similares, debido a que los criterios de diseño y el análisis de los resultados serán válidos solo dentro de masas rocosas que presenten propiedades físicas y mecánicas similares.

Por ello, es práctica común en el diseño de excavaciones subterráneas delimitar el área de estudio en zonas geomecánicas o dominios estructurales.

Para la zonificación geomecánica de la masa rocosa se han considerado los aspectos litológicos, geoestructurales y calidad de la masa rocosa.

Según esto, la zonificación elaborada se presenta en los planos de Zonificación Geomecánica Esta zonificación fue realizada utilizando el método computarizado, a través de un modelo de bloques con el software MineSight.

En las siguientes figuras se presentan a manera de ejemplo algunos de los resultados de la zonificación geomecánica realizada para la Zona de Mantos de Mina Pachapaqui, abarcando también la Zona de Brechas.

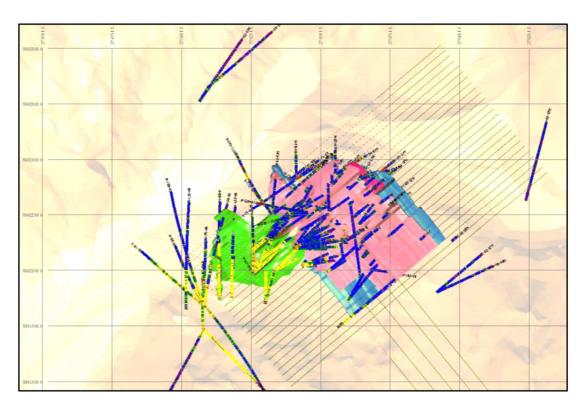


Figura N° 10: Vista esquemática en planta de la distribución de sondajes en el área del proyecto con el uso del software Mine Sight.

Fuente: El Tesista

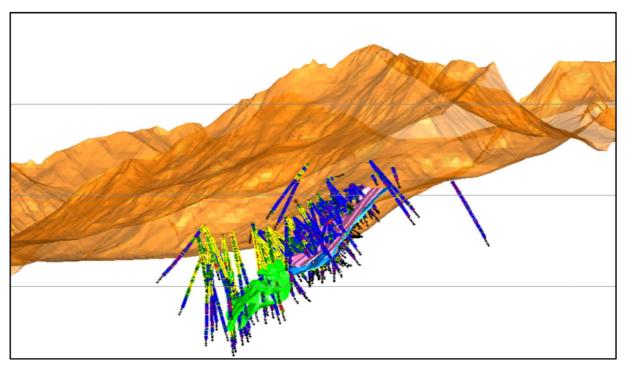


Figura N° 11: Vista esquemática en 3D de la distribución de sondajes en el área del proyecto con el uso del software Mine Sight.

Fuente: El Tesista.

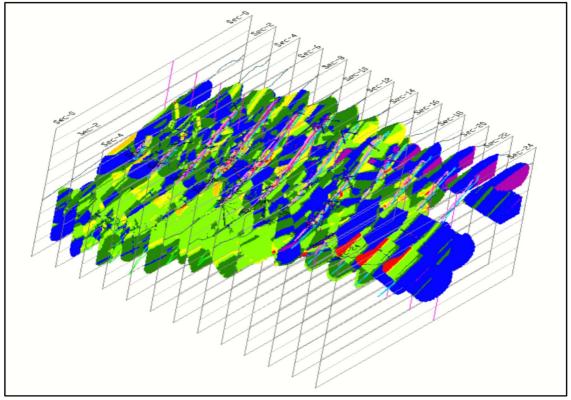


Figura N° 12: Zonificación geomecánica en 3D de Zonas de Mantos y Brechas. Fuente: El Tesista.

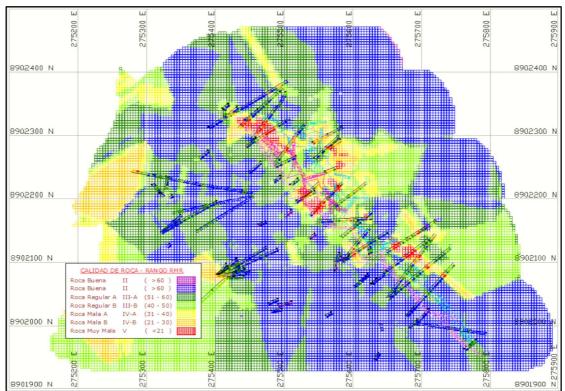


Figura Nº 13: Ejemplo de zonificación geomecánica – Vista de planta Nv. 4260.

Fuente: El Tesista.

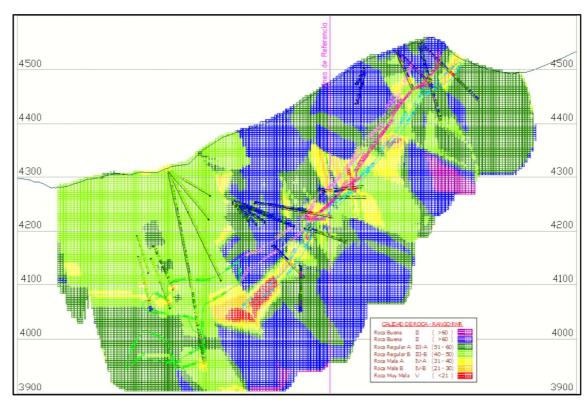


Figura N° 14: Ejemplo de zonificación geomecánica – Sección transversal 10. Fuente: El Tesista.

Cabe hacer el siguiente comentario sobre los resultados de la zonificación geomecánica. Cuando hay suficiente cantidad de datos, ya sea a partir del mapeo geotécnico de afloramientos en superficie o excavaciones subterráneas o a partir del mapeo geotécnico de testigos rocosos de sondajes diamantinos, la zonificación con métodos computarizados resulta representativa de las condiciones reales de un yacimiento, pero cuando no se tiene cantidad suficiente de datos la zonificación puede tener incongruencias. Para el caso de las Zonas de Mantos y Brechas de Pachapaqui, en ambos se ha tenido similar cantidad de datos (sondajes), los cuales no han sido uniformemente distribuidos en todo el yacimiento, sin embargo, la zonificación realizada representa consistentemente a lo observado en campo.

En la siguiente tabla se presenta el Resumen de los resultados.

Tabla N° 16: Resumen de la zonificación geomecánica Mina Pachapaqui

Sector	Litología	RMR promedio	Dominio estructural
	Caliza (CT alejada)	58	DE-IIIA
	Caliza (CT inmediata)	55	DE-IIIA
Zana da Mantas	Mineral	35	DE-IVA
Zona de Mantos	Caliza (intermedio)	42	DE-IIIB
	Skarn (CP inmediata)	40	DE-IVA
	Granodiorita (CP alejada)	58	DE-IIIA
7 1 0 1	Caliza	58	DE-IIIA
Zona de Brechas	Brecha calcárea	58	DE-IIIA

Fuente: El Tesista.

En este cuadro puede apreciarse los valores promedio de calidad para cada litología incluyendo la zona mineralizada así como la calidad de la masa rocosa de su entorno, tanto en caja techo y caja piso.

Para la Zona de Mantos, las características de calidad promedio de la masa rocosa de cada manto es como sigue:

La roca de la caja techo del Manto Esperanza, está conformada por calizas, estas por lo general son masas rocosas de calidad Regular A (DE-IIIA). A medida que se aleja de la veta, la caja techo alejada tiende a mejorar la calidad a Buena (DE-II).

La masa rocosa mineralizada de los 3 mantos: Esperanza, Intermedio y Matter, es predominantemente de calidad Mala A (DE-IVA). Localmente pueden observarse masas rocosas de calidad Regular B (DE-IIIB), así como de calidad Mala B (DE- IVB). Los resultados de la zonificación geomecánica con el uso del MineSight no muestran detalles bien definidos debido principalmente a la potencia de los mantos, pero si muestran una tendencia clara concordante con lo observado in-situ.

Entre los Mantos Esperanza, Intermedio y Matter hay presencia de roca estéril (caballos), constituida por calizas que tienen mayormente calidad Regular B (DE- IIIB). Localmente hay presencia de masas rocosas de calidad Mala A (DE- IVA) y Regular A (DE-IIIA). Estos caballos han sido afectados en parte por las fallas.

La roca de la caja piso del Manto Matter, conformada por skarn presenta masas rocosas de calidad Mala A (DE-IVA) a Regular B (DE-IIIB). Este hecho fue observado durante la visita a la mina y los resultados de la zonificación lo demuestran. La caja piso alejada conformada por intrusivo granodiorítico es de calidad Regular A (DE-IIIA) a Buena (DE-II).

Para la Zona de Brechas, las características de calidad promedio de la masa rocosa son homogéneas, tanto la masa rocosa mineralizada como la masa rocosa de las cajas tiene calidad Regular A (DE-IIIA).

Tabla Nº 17: Propiedades de resistencia de la masa rocosa

Litología	GSI*	σc MPa	(KN/m3)	"m "	m	s	Emr MPa	
Zona de Mantos		-	ı		I	1		I
Caliza (CT alejada)	58	100	27.0	14	2.147	0.0046	19644	0.25
Caliza (CT inmediata)	55	80	27.0	14	1.878	0.0031	13169	0.25
Mineral	35	10	31.0	10	0.549	0.0002	325	0.30
Caliza (intermedio)	42	50	27.0	14	1.051	0.0006	3539	0.26
Skarn (CP inmediata)	40	45	30.0	16	1.099	0.0005	2797	0.27
Granodiorita (CP alejada)	58	120	27.0	26	3.987	0.0046	14312	0.25
Zona de Brechas								
Caliza	58	100	27.0	14	2.147	0.0046	19644	0.25
Brecha calcárea	58	70	27.0	17	2.607	0.0046	6876	0.25

Nota: (*) GSI = RMR89' - 5.

Fuente: El Tesista

Condiciones de agua subterránea: La presencia del agua dentro de la masa rocosa, influye adversamente en las condiciones de estabilidad de las labores subterráneas. Su principal efecto es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y por tanto disminuyendo el factor de seguridad o grado de estabilidad, por ello es importante tomarlo en cuenta.

Según se pudo observar durante los mapeos geomecánicos de la masa rocosa de las labores subterráneas, en la Zona de Mantos las características de presencia de agua corresponden típicamente a condiciones de humedad, en forma localizada en condiciones de mojado y goteos esporádicos hasta pequeños flujos. En la Zona de Brechas la presencia de agua corresponde típicamente a condiciones de humedad a

secos. Se anticipa que el agua no será mayor problema para las condiciones de estabilidad de las labores mineras por lo menos en las rocas de mejor calidad, pero en las áreas mineralizadas de menor calidad la influencia del agua podría influir en las condiciones de estabilidad de los tajeos. Es recomendable controlar la presencia del agua desarrollando labores mineras a cotas menores para que el agua drene por éstas.

Esfuerzos in-situ: Se ha estimado el esfuerzo vertical a partir del criterio de carga litostática (Hoek & Brown, 1978), considerando profundidades máximas de las áreas de mineralización actualmente conocidas. Según este criterio, los esfuerzos verticales in-situ para la Zona de Mantos serían de 4.0 a 8.0 MPa para una profundidad de 150 a 300 m medidos respecto al Nv. 4260 hasta superficie, estando el sector SE de los mantos a mayor profundidad. La constante "k" (relación de los esfuerzos horizontal / vertical) para determinar el esfuerzo in- situ horizontal se ha estimado utilizando el criterio de Sheorey (1994) correspondiendo un valor aproximado de 0.8 a 1.0, con estos valores, el esfuerzo horizontal estaría variando de 6.4 a 8.0 MPa.

Para el caso de la Zona de Brechas, la profundidad media es de 250 m, por lo que el esfuerzo vertical in-situ estimado es de 6.8 MPa con una constante "k" cercano a la unidad (1.0) correspondiéndole un esfuerzo horizontal aproximado de 6.8 MPa.

Como conclusión, señalamos que los niveles de esfuerzos in-situ asociados al futuro minado subterráneo inmediato de Mina Pachapaqui serán de bajos a moderados.

Condiciones de estabilidad de excavaciones subterráneas: Se desarrolla el "análisis de diseño" para evaluar las condiciones de estabilidad de las excavaciones

asociadas al minado, integrando toda la información desarrollada durante las investigaciones básicas y considerando la geometría de las excavaciones.

Los análisis de estabilidad involucraron la investigación de los posibles mecanismos de falla de la masa rocosa circundante a las excavaciones, tomando en cuenta la geometría de estas últimas, el arreglo estructural de la masa rocosa, las características de resistencia de la misma y la influencia de los esfuerzos.

Direcciones preferenciales de avance de las excavaciones: Desde el punto de vista del arreglo estructural de la masa rocosa, para lograr mejores condiciones de estabilidad de las excavaciones, existen direcciones preferenciales en las cuales debe ser alineado el avance de estas excavaciones. Las condiciones más favorables para la estabilidad ocurren cuando las excavaciones avanzan en forma perpendicular a la orientación de las estructuras principales; de modo contrario, las condiciones más desfavorables para la estabilidad ocurren cuando las excavaciones avanzan en forma paralela a la orientación de las estructuras principales.

El sistema de discontinuidades dominante (Sistema 1), conformado por estratos y fallas tiene rumbo aproximado NW y buzamiento moderado al SW, es decir, esta orientación es paralela a las estructuras mineralizadas o mantos. El segundo sistema dominante (Sistema 2) tiene también rumbo NW y buzamiento moderado al NE, el rumbo es paralelo al de las estructurales mineralizadas y el buzamiento es contrario a las mismas. Luego, seguir de las excavaciones de manera paralela a las estructuras mineralizadas significará una condición de estabilidad muy desfavorable. Por razones de orden técnico habrá necesidad de seguir paralelo a las estructuras mineralizadas, lo cual deberá ser tomado en cuenta para el sostenimiento de las labores mineras.

La alternativa de que las excavaciones sigan en dirección perpendicular a las estructuras mineralizadas es menos desfavorable que seguir de manera paralela, pero tampoco es favorable, debido a la presencia del Sistema 3, que tiene rumbo perpendicular a las estructuras mineralizadas; lo ideal sería seguir en dirección E-W o N-S o viceversa. Es recomendable seguir estas últimas direcciones de avance siempre que sea posible.

Aberturas máximas de las excavaciones y sostenimiento: Para propósitos de esta evaluación dividimos a las excavaciones en tres categorías: excavaciones permanentes, excavaciones temporales y tajeos.

Excavaciones permanentes: Estas excavaciones incluyen por ejemplo: galerías de nivel, rampas, talleres, estaciones de bombeo, comedores, polvorines y otros. En lo posible estas excavaciones deben ser orientadas con la dirección preferencial de avance, la cual ocurre alineada con en E-W o N-S o viceversa, así se tendrán mejores condiciones de estabilidad y se disminuirá los requerimientos de sostenimiento. También se puede seguir en dirección SW-NE o viceversa como segunda opción.

En relación a la ubicación de las excavaciones permanentes, la información que se ha tenido disponible a partir de las labores mineras y de los sondajes diamantinos ha cubierto más a la caja techo que a la caja piso. En el sector SW (caja techo de Manto Esperanza) de la Zona de Mantos la calidad de la masa rocosa de caliza en general es Regular A (IIIA), en el sector NE (caja piso de Manto Matter) la calidad de la masa rocosa de skarn es Mala A (IVA), pero en la granodiorita de la caja alejada la calidad es Regular A (IIIA). Si bien es cierto que no es recomendable ubicar excavaciones permanentes en la caja techo, sin embargo, dadas las condiciones poco favorables de la caja piso skarn, sería conveniente ubicar las

excavaciones permanentes en la caja techo, o de lo contrario en la granodiorita de la caja piso alejada donde las condiciones de masa rocosa son más favorables. En el caso de la Zona de Brechas, siendo la masa rocosa de calidad homogénea Regular A (IIIA), las excavaciones permanentes deben ubicarse de preferencia en la caja piso.

Si consideramos el criterio dado en el Cuadro 2.2 para clasificar a la masa rocosa del yacimiento, podemos establecer las siguientes aberturas máximas para las excavaciones permanentes considerando diferentes rangos de valores RMR presentes en el área de estudio.

Tabla N° 18: Aberturas máximas de las excavaciones permanentes

Dominio	Rango RMR	Promedio RMR	Abertura máxima
DE-IIIA	51 – 60	55	5.2
DE-IIIB	41 – 50	45	3.3
DE-IVA	31 – 40	35	2.1
DE-IVB	21 – 30	25	1.4
DE-V	< 21	15	< 1

Fuente: El Tesista

Las aberturas máximas mostradas en la tabla N° 18 corresponden a excavaciones sin sostenimiento sistemático, es decir, por ejemplo en el caso de una roca del DE-III RMR 55, aberturas de 5.2 m o menores necesitarán solo sostenimiento esporádico según lo requiera la roca localmente. Esto puede ser verificado en la Figura 5.1 para Q = 3.39 (RMR ≈ 55) y ESR = 1.6. El sostenimiento esporádico sería efectuado con pernos de roca tipo varilla corrugada o barra helicoidal, cementado o con resina de 7 a 8 pies de longitud y malla metálica de ser requerida.

Cuando las excavaciones permanentes sean de mayor tamaño que 5.2 m, en estas deberá instalarse un sostenimiento también permanente, que sea capaz de soportar cargas adicionales debidas a los cambios de las condiciones de esfuerzos a lo largo de la vida de la mina. Para la aplicación del sostenimiento en masas rocosas de calidad Regular A (IIIA) y Regular B (IIIB) también se debe tomar en cuenta la formación de cuñas en el techo y paredes de acuerdo a los resultados del Acápite 3.4 (Estabilidad estructuralmente controlada) que está más adelante.

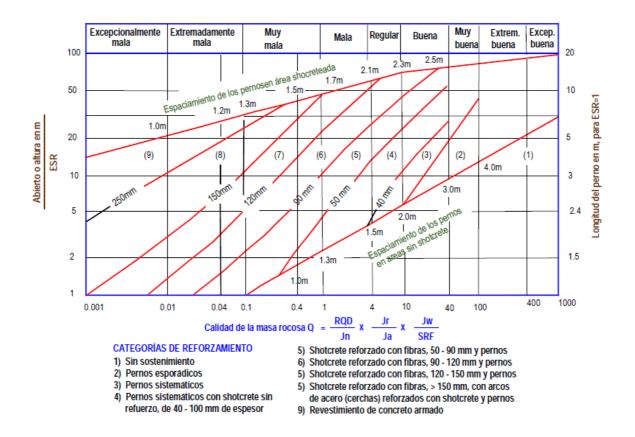


Figura N° 15: Guía para el sostenimiento de excavaciones permanentes. Fuente: Grimstad y Barton, 1993.

Cabe mencionar que en la minería subterránea del país, las labores mineras permanentes más comunes están asociadas a labores de avance como por ejemplo rampas y galerías de nivel, estas por lo general tienen dimensiones entre 3.5 y 4.5 m de abertura máxima, según esto, para el caso de Mina Pachapaqui para estas

dimensiones de excavaciones permanentes, el sostenimiento a utilizarse según tipos de rocas se presenta en la tabla 19.

Tabla N° 19: Sostenimiento para labores de avance permanentes (3.5 a 4.5 m)

Dominio	Rango RMR	Sostenimiento		
DE-IIIA	51 - 60	No requiere sostenimiento sistemático, sino solo esporádico		
DE-IIIB	41 – 50	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.0 a 1.5 m Malla metálica		
DE-IVA	31 – 40	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.0 m + malla metálica +		
DE-IVB	21 – 30	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 0.75 m + malla metálica + shotcrete 4" a 6". Alternativamente, cimbras tipo 4W13 espaciadas		
DE-V	< 21	Cimbras tipo 6W20 espaciadas cada 1.0 a 1.5 m, previamente una capa de shotcrete reforzado de 3" de espesor como preventivo. Avanzar el frente con spilling bar de fierro corrugado de 1" diámetro y/o de ser necesario		

Fuente: El tesista.

Los pernos de roca a utilizarse podrían ser los de tipo barra helicoidal cementados o con resina. En otras unidades mineras del país actualmente se está utilizando en el sostenimiento permanente los pernos tipo hydrabolts teniendo buenos resultados en rocas de mala calidad, estos pernos constituyen una alternativa para el sostenimiento de rocas de mala calidad en Pachapaqui.

Para el caso del sostenimiento de excavaciones de mayores tamaños, como pueden ser los talleres de mantenimiento, cámaras de bombeo, comedores, etc, este puede ser estimado a partir de la Figura 3.1, lo más recomendable en estos casos es realizar una evaluación geomecánica puntual.

Excavaciones temporales: Estas incluyen las labores de avance asociadas al minado en los tajeos, como galerías y cruceros de acceso a los tajeos en roca estéril o en mineral, que son excavaciones temporales del tipo de ingreso de personal dentro de las mismas, de tamaño suficientemente pequeño para permitir realizar un buen desatado periódico

o reforzarla adicionalmente. Generalmente estas excavaciones tendrán también aberturas máximas de 3.5 a 4.5 m.

En la tabla N° 20, se presentan los estimados para el sostenimiento de labores de avance temporales, en función de los tipos de rocas que se espera encontrar en el laboreo minero subterráneo de Pachapaqui.

Tabla N° 20: Sostenimiento para labores de avance temporales

Dominio	Rango RMR	Sostenimiento
DE-IIIA	51 – 60	No requiere sostenimiento sistemático, sino solo esporádico
DE-IIIB	41 – 50	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.5 m. Malla de ser requerida.
DE-IVA	31 – 40	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.0 a 1.5 m + malla metálica+ 2" shotcrete
DE-IVB	21 – 30	Pernos sistemáticos de 7 pies longitud, espaciado cada 1.0 m + malla metálica + shotcrete 3" a 4" de espesor.
DE-V	< 21	Una capa preventiva de shotcrete de 3" de espesor + pernos + malla + otra capa de shotcrete de 3" de espesor. De ser necesario usar paquetes de madera, gatas, puntales y otros.

Fuente: El tesista.

Los pernos de roca a utilizarse para el sostenimiento temporal podrían ser los de tipo split sets o hydrabolts, estos últimos tienen mayor capacidad de anclaje.

Tajeos: El mineral de la Zona de Mantos por lo general es de calidad Mala A (IVA), localmente hay calidades Mala B (IVB) y Regular B (IIIB). Los caballos estériles mayormente son de calidad Regular B (IIIB). Para todos estos tipos de masas rocosas, los abiertos máximos y los tiempos de auto sostenimiento de las excavaciones serían los siguientes:

Tabla Nº 21: Aberturas máximas y tiempos de auto-sostenimiento para tajeos

Dominio	Rango RMR	Abertura	Tiempo de auto
DE-IIIB	41 – 50	5.0 - 8.0	Desde 1 semana

DE-IVA	31 – 40	3.0 – 5.0	Desde 20 horas
DE-IVB	21 – 30	2.0 - 3.0	< 1 hora

Fuente: El tesista.

En esta tabla por un lado da una idea de las aberturas máximas de los tajeos en la masa rocosa mineralizada de la Zona de Mantos, que mayormente es de calidad Mala A (IVA), y que condicionará el tamaño de los tajeos, variando el ancho de los mismos entre 3.0 y 5.0 m. Por otro lado nos indica el limitado tiempo de autosostenimiento, que obliga a utilizar sostenimiento artificial inmediato, por lo menos en la bóveda, donde estará el mineral, por tanto el método de minado tendrá que adecuarse a esta característica.

Para evaluar el tamaño de los tajeos de la Zona de Mantos de Mina Pachapaqui, utilizamos aquí el Método Gráfico de Estabilidad (MGE), desarrollado por Potvin (1988), Potvin y Milne (1992) y Nickson (1992), siguiendo los trabajos iniciados por Mathews et. al. (1981). La versión actual del método, basado en el análisis de más de 350 casos históricos recolectados de minas subterráneas canadienses, toma en cuenta los principales factores de influencia del diseño de tajeos. La información sobre el arreglo estructural y resistencia de la masa rocosa, los esfuerzos alrededor de la excavación, y el tamaño, forma y orientación de la excavación, es utilizada para determinar si el tajeo será estable sin sostenimiento, o con sostenimiento, o inestable aún con sostenimiento. El método también es adecuado para el dimensionamiento del sostenimiento con cablebolt.

De manera resumida, el procedimiento de diseño aplicando este método está basado en el cálculo de dos factores: N' y S (ver Figura 16).

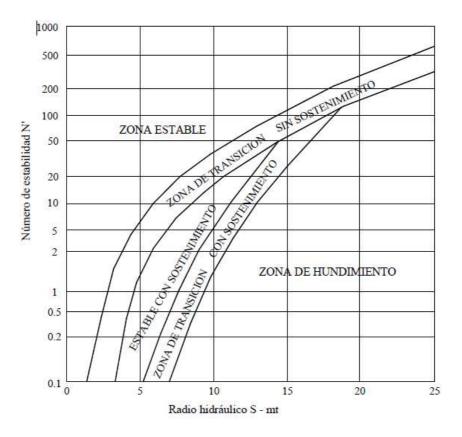


Figura N° 16: Gráfico de estabilidad.

Fuente: Potvin (1988) y Nickson (1992).

El factor N' es el número de estabilidad modificado y representa la habilidad del macizo rocoso para permanecer estable bajo una condición de esfuerzo dado. S es el factor de forma o radio hidráulico que toma en cuenta el tamaño y forma del tajeo y está expresado por la relación (S = Area de la cara considerada del tajeo/Perímetro de la cara considerada del tajeo).

El número de estabilidad N' se define como:

$$N' = Q' \times A \times B \times C$$

N' es el Índice de Calidad Tunelera Q modificado

A es el factor de esfuerzo en la roca

B es el factor de ajuste por orientación de las juntas

C es el factor de ajuste gravitacional

Usando los valores del número de estabilidad N' y el radio hidráulico S, se puede estimar la estabilidad de un tajeo para unas dimensiones dadas a partir del "Gráfico de Estabilidad" mostrado en la Figura 3.2 Para ello se ha utilizado el programa STOPESOFT desarrollado por Graeme Fitz (1999).

Tabla N° 22: Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m) - Zona de Mantos

Condición de	Techo tajeo	Pared ve	rtical tajeo	Caja techo		
estabilidad	Ancho=4 m	Altura=1	Altura=1	Altura=1	Altura=1	
ESS	7 m*	3 m	3 m	8 m	7 m	
ESO	18 m*	13 m	10 m	23 m	18 m	
ECS	30 m*	26 m	20 m	45 m	35 m	

Fuente: El Tesista

Notas: ESS = Estable Sin Sostenimiento; ESO = Estable Sostenimiento Opcional; ECS = Estable Con Sostenimiento obligatorio.

(*) Estos valores no necesariamente reflejan lo real ya que la masa rocosa es de mala calidad

A partir de la información proporcionada por los resultados de la aplicación del MGE se puede establecer lo siguiente:

Las dimensiones del tajeo están condicionados por la mala calidad de la masa rocosa mineralizada. Se ha asumido un ancho inicial de tajeo de 4 m con utilización de sostenimiento. Un ancho mayor de tajeo significará sostenimiento más severo. El ancho definitivo del tajeo dependerá de la capacidad de poder controlar las condiciones de estabilidad del techo del tajeo en mineral. Con anchos menores de 4 m se podrá controlar mejor las condiciones de estabilidad del techo, y con anchos mayores de 4 m será más dificultoso dicho control.

Las longitudes de los tajeos marcados con asterisco en el Cuadro 3.5 han sido calculadas con puntos que salen fuera del Gráfico de Estabilidad, por lo que no representan valores realistas y por tanto no deben ser considerados para tomar decisiones en relación al tamaño de los tajeos. El MGE funciona bien para rocas competentes, pero no en rocas incompetentes como el mineral de la Zona de Mantos.

La longitud de los tajeos en dirección perpendicular a las estructuras mineralizadas, es decir en paredes en mineral, no debe exceder de 13 m si la altura entre los subniveles fuera 16 m (piso a techo), y no debe exceder de 10 m si la altura entre niveles fuera de 19 m como se viene planeado para la Zona de Mantos de Mina Pachapaqui.

La longitud de los tajeos en dirección paralela a las estructuras mineralizadas, es decir en cajas techo y piso en estéril, puede ser conservadoramente 18 m en la condición con sostenimiento opcional.

Siempre que se controle la estabilidad del techo en mineral, se puede ir a un minado de subniveles con taladros largos, puesto que las condiciones geomecánicas de las cajas techo y piso son más favorables, y por tanto permiten este tipo de minado.

No obstante que el presente estudio se limita a la Zona de Mantos, se ha hecho un ejercicio de dimensionamiento de tajeos con el MGE para la Zona de Brechas con la información que se ha tenido disponible. Los resultados de este ejercicio se presentan en el Anexo 5 y un resumen de los mismos en el Cuadro 3.6.

Tabla N° 23: Dimensionamiento de tajeos - Longitud (m) - Zona de Brechas

Condición de estabilidad	Anchos "a" de techos considerados (estimación en mineral)			Altura "h" de tajeos considerados (estimación en mineral)				Altura "h" de tajeos considerados (estimación en caja techo - caliza)			
	a=5 m	a=10 m	a=15 m	h=15 m	h=20 m	h=25 m	h=30 m	h=15 m	h=20 m	h=25 m	h=30 m
ESS	Sr	60 m	22 m	12 m	10 m	9 m	8 m	23 m	18 m	15 m	13 m
ESO	Sr	180 m	70 m	40 m	24 m	20 m	18 m	80 m	45 m	30 m	25 m
ECS	Sr	sr	150 m	150 m	50 m	35 m	28 m	200 m	100 m	55 m	45 m

Fuente: El Tesista.

Notas: ESS = Estable Sin Sostenimiento; ESO = Estable Sostenimiento Opcional; ECS = Estable Con Sostenimiento obligatorio.

(sr) Significa "sin restricción" de longitud en la superficie analizada para dicha condición de estabilidad.

Según este cuadro se puede anticipar que es posible aplicar el método de minado subniveles con taladros largos relleno cementado, con dimensiones de tajeos que se pueden establecer de acuerdo a los resultados presentados en dicho cuadro. Cabe señalar que en los cálculos realizados se ha considerado una dirección de avance SW a NE.

Estabilidad estructuralmente controlada: Al estar ubicados los cuerpos mineralizados a profundidades relativamente pequeñas (150 a 300 m), es importante considerar que en las masas rocosas de calidad Regular A (IIIA) y Regular B (IIIB), el comportamiento de las mismas estará condicionado por su arreglo estructural más que por los esfuerzos. En tales condiciones es relevante analizar la estabilidad de las excavaciones controlada por el debilitamiento estructural de la masa rocosa. En los casos en donde la masa rocosa es de calidad Mala A (IVA) o inferior, no es relevante analizar la estabilidad de las

excavaciones controlada estructuralmente, el comportamiento de estas rocas estará guiado por sus características de calidad y por los esfuerzos y deformaciones a las cuales estará sometida.

La geometría tridimensional de las excavaciones en relación a la distribución espacial de las discontinuidades (fallas, estratos y diaclasas en este caso), las cuales constituyen planos de debilidad, influyen sobre las condiciones de estabilidad. A este tipo de estabilidad se le denomina "estabilidad estructuralmente controlada". Los planos de debilidad, pueden formar bloques rocosos de diferentes geometrías en el techo y en las paredes de la excavación, presentando libertad para descolgarse, rotar o deslizar.

A fin de evaluar la influencia del arreglo estructural de la masa rocosa de Pachapaqui, sobre las condiciones de estabilidad de las excavaciones que estarán asociadas al minado, se ha realizado un análisis de estabilidad estructuralmente controlada, utilizando el programa de cómputo UNWEDGE (Rocscience, 2002).

Para las labores de avance que siguen en dirección paralela a la estructura mineralizada, se observa formación de cuñas potencialmente inestables en el techo y estables en los hastiales

Para las labores de avance que siguen en dirección perpendicular a la estructura mineralizada, se observa similarmente formación de cuñas pequeñas potencialmente inestables en el techo y estables en los hastiales.

Para los tajeos, se forman cuñas grandes potencialmente inestables en la caja techo. Para las labores de avance paralelas a la estructura mineralizada la estabilización de las cuñas del techo se realizará con pernos de roca esporádicos según requerimientos del terreno. En las labores de avance perpendiculares a la

estructura mineralizada, bastará un buen desate de las cuñas pequeñas y de ser necesaria la instalación de pernos esporádicos.

La estabilización de las cuñas de la caja techo de los tajeos podría realizarse con cablebolt, sin embargo, este no sería un trabajo fácil. Un adecuado dimensionamiento de la longitud del tajeo contribuirá a manejar el problema de formación de cuñas grandes.

Estabilidad controlada por esfuerzos: A fin de determinar el grado de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado de la Zona de Mantos, se han realizado modelamientos numéricos de esfuerzo/deformación utilizando el método de elementos finitos mediante el programa PHASE2 Versión 6.004 de Rocscience Inc. (2005). A partir de estos resultados se pueden realizar los siguientes comentarios:

- El método de minado propuesto por ICM Pachapaqui S.A.C. para la explotación de la Zona de Mantos resulta algo forzada para las características morfológicas de la mineralización y las condiciones geomecánicas de la masa rocosa del yacimiento, en particular para la mala calidad de la masa rocosa mineralizada. Para la aplicación de este método de minado se deberán tomar en cuenta los parámetros que se dan en este informe.
- En relación a la secuencia de avance del minado, en unos casos resulta favorable seguir la explotación de techo a piso, es decir de SW a NE, en otros casos esto se invierte, es decir es más favorable seguir de piso a techo o de NE a SW. Los factores de influencia en este asunto son: la presencia de caballos estériles de espesor variable, la morfología de la mineralización, particularmente el buzamiento de los mantos, y el efecto gravitacional del

relleno de los tajeos. Para establecer la secuencia de minado correcta lo más recomendable será realizar una evaluación geomecánica particular para cada caso, que ver con la exposición de las paredes de mineral de mala calidad, cuanto más longitud tenga el tajeo hay mayores probabilidades de inestabilidades y viceversa.

- La longitud de los tajeos estará también en función del espesor de los caballos estériles. Cuando estos tengan menor espesor la longitud de los tajeos será menor y cuando los caballos tengan mayor espesor la longitud de los tajeos será mayor. Todo esto es válido si se piensa en dejar in-situ los caballos estériles, en algunos casos, debido a la morfología de la mineralización, los caballos saldrán junto con el mineral. En el Cuadro 3.7 se presenta un resumen de la longitud en la caja techo de los tajeos.
- Por la mala calidad de la masa rocosa mineralizada, se confirma que no se puede minar a lo largo de toda la potencia de los mantos en los sectores donde las potencias son mayores, por decir 25 30 m, en estos casos se tendrá que minar en partes. Esto tiene que ver con la exposición de las paredes de mineral de mala calidad, cuanto más longitud tenga el tajeo hay mayores probabilidades de inestabilidades y viceversa.

Tabla N° 24: Estimación de la longitud en la caja techo de los tajeos, (Para diferentes espesores de caballo estéril)

Ancho de caballo estéril	Longitud máxima de tajeo
3 m	4 - 5 m
4 m	6 m
5 m	8 m
6 m	10 m
8 m	14 m
10 m	16 m

Fuente: El Tesista

En cuanto a la resistencia del relleno cementado, los modelamientos se han realizado con una resistencia compresiva no confinada de 400 kPa, los resultados obtenidos han indicado que esta sería la resistencia promedio adecuada pare el minado de la Zona de Mantos por el método de minado propuesto por ICM Pachapaqui S.A.C.

En general, lo niveles de esfuerzos inducidos que estarán presentes en el minado de las estructuras mineralizadas de la Zona de Mantos, serán generalmente bajos a moderados, lo cual será favorable para las condiciones de estabilidad de las excavaciones asociadas al minado.

Método de minado subterráneo

Selección del método de minado: En los capítulos anteriores, principalmente en los Capítulos 3 y 4, se han definido las condiciones naturales del yacimiento: características geológicas, morfológicas (forma, potencia, rumbo y buzamiento, y profundidad debajo de la superficie), reservas (tamaño y distribución de leyes), características geomecánicas (calidad de la masa rocosa de las cajas y del mineral, resistencia de la roca y esfuerzos), y las características de presencia de agua subterránea.

Tomando en cuenta la información concerniente a las condiciones naturales del yacimiento, se han aplicado diversas técnicas de selección del método de minado, como las de Boshkov and Wright (1973), Hartman (1987) y Nicholas (1981), particularmente este último, que hace especial énfasis en las condiciones geomecánicas del yacimiento.

Para la Zona de Mantos, el proceso de jerarquización de los diferentes factores asociados a los diferentes métodos de minado subterráneo, indicó que el método de

minado que se adapta mejor a las condiciones naturales encontradas, desde el punto de vista técnico, es el "corte y relleno" (Cut & Fill – C&F), como una segunda alternativa está el método de minado "conjunto de cuadros" (square set – SQS). En el caso de la Zona de Brechas se adapta mejor el método de "tajeos por subniveles con taladros largos" (Sublevel and longhole open stoping – SLS)" y como una segunda alternativa está el método de "cámaras y pilares" (Room & Pillar – R&P).

Desde el punto de vista económico, en la tabla N° 25 se presenta en forma ordenada, de menos a más, los costos de minado correspondientes a los principales métodos de minado subterráneos.

Tabla N° 25: Métodos de minado subterráneo en orden de costos

Orden	Método de minado	Abreviació	US\$/TM	
1	Block ó Panel Caving	ВС	2.5 a 8	
2	Room and Pillar	R&P	4 a 10	
3	Sub Level Stoping	SLS	5 a 10	
4	Sub Level Caving	SLC	6 a 12	
5	Cut and Fill Stoping	C&F	10 a 30	
6	Vertical Crater Retreat	VCR	20 a 25	
7	Top Slicing	TS	25 a 35	
8	Shrinkage Stoping	SHS	30 a 40	
9	Square Set Stoping	SQS	> 35	

En líneas generales se debe tratar de buscar la aplicabilidad de los métodos a un yacimiento mineral en el orden enumerado, e ir descartando hasta encontrar el método aplicable más económico. Esto no anula que después se debe realizar una evaluación económica de las diferentes alternativas de minado seleccionadas.

Según lo señalado, para la Zona de Mantos: Por las condiciones naturales de las áreas mineralizadas, se descarta totalmente la aplicabilidad del BC, debido principalmente a la morfología de la mineralización y al tamaño de las reservas.

El R&P como método de minado típico se descarta debido principalmente a la mala calidad del mineral y a la morfología del yacimiento, sin embargo, como método auxiliar o combinado, principalmente con el C&F, podría ser utilizado.

El SLS, de preferencia es aplicado en condiciones de rocas de buena calidad tanto en el mineral como en las cajas, sin embargo, siempre que se pueda controlar las condiciones de estabilidad del techo y cajas, se puede combinar con el uso de relleno.

El SLC queda descartado debido a las características morfológicas de la mineralización y a la competencia de la caja techo.

El C&F es el método preferido, que es aplicable en una gama muy amplia de condiciones geomecánicas del yacimiento. Para ello hay que adecuar las diferentes modalidades de este método a las características del yacimiento.

El resto de los métodos de minado, tienen costos más altos que los anteriores, por lo que no es recomendable tomarlos en cuenta para una siguiente etapa de evaluación económica; particularmente el método SQS es muy costoso e ineficiente.

Métodos de minado alternativos: Según el análisis realizado en el acápite anterior para la Zona de Mantos, queda como principal alternativa de método de minado el C&F pudiendo combinarse con el R&P y el SLS.

El C&F tiene un extenso rango de variaciones como resultado del minado selectivo, buena recuperación y practicabilidad bajo condiciones geomecánicas

diversas, y se presta a la mecanización de la explotación. Las técnicas de relleno que actualmente se disponen, pueden mejorar los aspectos técnicos y económicos de este método de minado, que frecuentemente ha reemplazado a otros métodos de minado.

Hay variadas modalidades de C&F que se podrían aplicar a la Zona de Mantos, todo dependerá del control de la estabilidad de la masa rocosa de las excavaciones, particularmente de la masa rocosa mineralizada de mala calidad. Según los resultados de las condiciones de estabilidad presentadas en el Capítulo 3 y según las observaciones in-situ realizadas en las actuales labores mineras, se puede realizar este control con un adecuado sostenimiento, esto significa que se puede aplicar el "corte y relleno ascendente" (Overhand Cut and Fill Mining – OC&FM), con un adecuado dimensionamiento del ancho de los tajeos y utilización de la voladura en breasting. En general el ancho de los tajeos deberá estar entre 3 y 5 m. Este método de minado puede ser considerado como alternativa para ser aplicado encima del Nv. 4260 y también debajo del mismo, donde el buzamiento de los mantos mineralizados es menor.

En las mayores potencias de las estructuras mineralizadas se podría considerar el uso del "corte y relleno con pilares" (Post Room&Pillar Mining – P-R&P-M), sin embargo, por la mala calidad de la masa rocosa mineralizada, las cámaras tendrían que ser pequeñas y con sostenimiento y los pilares robustos. En este caso hay probabilidades que no se pueda recuperar los pilares, o que la recuperación sea baja. En general no sería práctico utilizar el P-R&P-M en las condiciones de masa rocosa mineralizada de la Zona de Mantos. Sería mejor considerar el método de minado de "galerías y pilares con recuperación de los pilares utilizando relleno cementado" (Drift and Fill – D&F), que puede quedar como un método alternativo,

tanto para encima como debajo del Nv. 4360. La desventaja de este método es la dificultad que se tiene para controlar la estabilidad de los techos en mineral de mala calidad.

Otra alternativa sería el "corte y relleno descendente (Underhand Cut and Fill Mining – UC&FM), pero este método de minado es aplicado en el caso extremo en que no sea posible controlar las condiciones de estabilidad de la masa rocosa mineralizada. Este es un método muy costoso y lento. Tienen muchas más ventajas el método OC&FM y también el D&F.

El método de minado propuesto por ICM Pachapaqui S.A.C. para la explotación de la Zona de Mantos es el "subniveles ascendentes con relleno cementado – SARC", consiste en una primera etapa en la extracción de los "tajeos primarios" con taladros largos y dejando pilares de mineral entre ellos. Los tajeos primarios son rellenados con relleno cementado y después se recuperan los pilares de mineral, esta recuperación corresponde a los tajeos secundarios. En buena cuenta este método de minado combina el C&F, R&P y SLS, para dar el método SARC.

Desde el punto de vista de la experiencia de los autores del presente informe, el método SARC propuesto para la Zona de Mantos aprovecha que las rocas de las cajas son de mejor calidad que la masa rocosa mineralizada, lo cual permite tener tajeos de gran altura (19 m en este caso). Según los resultados obtenidos sobre las condiciones de estabilidad de las excavaciones (Capítulo 3), este método funcionará en la medida en que se controle la estabilidad del techo en mineral de mala calidad, lo cual se logrará utilizando un sostenimiento adecuado y oportuno. El SARC debe ser considerado como alternativa para el minado encima del Nv. 4260, debajo del mismo no sería recomendable porque los mantos tienen menor buzamiento.

Parámetros de los métodos de minado

Ubicación de las labores de acceso y servicios

Lo usual en el minado subterráneo es ubicar a las excavaciones en la caja piso del yacimiento, es decir en una base sólida, donde en el futuro la masa rocosa no esté sujeta a perturbaciones por el avance del minado del yacimiento. Lo único que justificaría ubicar las excavaciones en la caja techo, es que la caja piso tenga inferiores condiciones geomecánicas con respecto a la caja techo. Esto último es lo que está ocurriendo en Pachapaqui, ya que la caja piso inmediata conformada por skarn es de mala calidad, sin embargo, en la caja piso alejada donde está presente la granodiorita la calidad es buena. Luego, se puede ubicar las labores de acceso ya sea en la caja techo o en la caja piso alejada, en la granodiorita.

Esquemas de minado y dimensiones de tajeos:

- OC&FM para potencias menores de mineral.
- Este método de minado es bastante conocido en nuestro medio por que es aplicado en numerosas minas del país. En el Anexo 8 se muestran esquemas de minado típicos de este método en la modalidad ascendente mecanizado. Sería aplicado principalmente en las menores potencias de los mantos, potencias que sean similares al ancho del tajeo o menores, utilizando solo relleno convencional (sin cemento).
- En cuanto al ancho de los tajeos, este método de minado se podrá aplicar en anchos de tajeos en los cuales se pueda llevar a cabo el control de la estabilidad de la masa rocosa mineralizada, que según las estimaciones realizadas puede ser de 3 a 5 m. Según lo observado in-situ, actualmente se viene realizando aberturas en rocas mineral con un promedio de 4 m de ancho utilizando

sostenimiento con shotcrete de 3" de espesor, en la mayoría de los casos se está controlando la estabilidad de la masa rocosa mineralizada, pero se debe señalar también que ha habido casos de inestabilidades, es decir 4 m de ancho de tajeo puede ser el límite del ancho de los tajeos por el momento. Cuando se conozca mejor a la roca y su comportamiento en las excavaciones subterráneas estas podrán crecer.

- En cuanto a la altura de los tajeos, se establece que para este método de minado no sería recomendable sobrepasar los 4 o a los más los 5 m. Sería recomendable mecanizar tanto el desatado con equipo scaler, como el sostenimiento con equipos modernos de instalación de los pernos de roca y colocación del shotcrete.
- En cuanto a la longitud de los tajeos, los resultados de la aplicación del método gráfico de estabilidad han indicado que para anchos de tajeos de hasta 5 m y altura de los mismos de hasta 5 m las restricciones son relativas en cuanto a la longitud de los tajeos, consecuentemente, la longitud de los tajeos puede ser establecido de acuerdo a criterios de procedimientos operativos, no siendo recomendable sobrepasar los 50 m.
- Con la secuencia de avance del minado que se menciona más adelante, no habrá necesidad de dejar pilares puente en los niveles, sin embargo, si no se estableciera la secuencia de avance adecuada, sería necesario dejar pilares puente de los niveles, la altura de los mismos dependerá de la potencia del mineral o ancho de labor y de la calidad de la masa rocosa. Se puede tener como guía lo siguiente: cuando la roca es de buena calidad, la altura del puente deber ser entre 1/2 y 2/3 del ancho de la labor; cuando la roca es de calidad regular, la altura del puente debe ser aproximadamente igual al ancho de la

labor; y cuando la roca es de mala calidad, la altura del puente debe ser mayor que el ancho de la labor, más o menos

- 1.5 veces el ancho de la labor.
- D&F para potencias mayores de mineral
- En el Anexo 8 se presentan esquemas del D&F. El dimensionamiento de este método de minado también dependerá del control de la estabilidad de la masa rocosa mineralizada. Su aplicación sería en las mayores potencias de los mantos. Con este método de minado necesariamente hay que utilizar relleno cementado.
- En relación al ancho de las cámaras, este deberá ser similar al ancho de los tajeos del OC&FM, es decir 4 m. Similarmente el ancho de los pilares deberá ser 4 m para lograr estabilidad del techo cuando se recupere los pilares. La longitud de los tajeos según las estimaciones realizadas en el Capítulo 3 sería de hasta 50 m.
- SARC para potencias menores y mayores
 - Los tajeos primarios en este caso deberán tener también 4 m de ancho y así mismo (4 m) los tajeos secundarios, para el inicio del minado. Estas dimensiones están asociadas al control de la estabilidad de la masa rocosa mineralizada, conforme se vaya dominando el método de minado se podrá incrementar estas dimensiones. Con el SARC para potencias menores cabe la posibilidad de utilizar relleno convencional, dejando pilares tabique de 2 a m de ancho para formar barreras para el relleno. El tajeo que actualmente se viene piloteando tiene esta característica.

La longitud de los tajeos primarios y secundarios dependerá de la dirección de avance del minado, si la dirección de avance fuera de SW a NE o viceversa, es decir perpendicular al rumbo de las estructuras mineralizadas, la longitud de los tajeos no deberá exceder de 10 m para altura de tajeo de 19 m. Si la dirección de avance fuera paralela al rumbo de las estructuras mineralizadas, la longitud de los tajeos puede alcanzar los 18 m para altura de tajeo de 19 m.

Secuencia de avance del minado: OC&FM para potencias menores de mineral

Una de las consideraciones importantes sobre la secuencia de avance del minado es la dirección que debe seguir el minado para lograr mejores condiciones de estabilidad de los tajeos, tanto a nivel local como global. En las menores potencias del mineral de la Zona de Mantos, por razones de orden técnico, no habrá alternativa más que seguir la dirección longitudinal (paralela) al rumbo de las estructuras mineralizadas, significando esto condiciones muy desfavorables de estabilidad para los tajeos, particularmente para el techo de los mismos. Para el control de la estabilidad de estas labores, se deberá tener en cuenta los diferentes aspectos tratados en el Capítulo 3 sobre el sostenimiento.

Por otro lado, en el método OC&FM el minado progresa ascendentemente a partir de un determinado nivel construido para iniciar la producción, que en el caso de Pachapaqui es el Nv. 4260, de tal manera de dejar tiempo para el desarrollo y preparación de la mina en niveles ubicados a mayor profundidad. Lo ideal sería ir hasta el fondo del yacimiento y luego explotar ascendentemente, con lo cual se evitaría dejar pilares puentes de mineral en los niveles. En el caso de Pachapaqui se deberá conformar un pilar puente debajo del Nv. 4260, esto es válido para todas las alternativas de minado aquí propuestas.

En general, en el método OC&FM no hay particularidades en la secuencias de avance del minado, por lo que los ingenieros de planeamiento y diseño de la mina deberán establecer la secuencia de avance que más se adecue a los procedimientos operativos y de producción, siempre en interacción con el personal de Geomecánica.

Además del sostenimiento, también hay otras herramientas para controlar adecuadamente la estabilidad de las excavaciones asociadas al minado, como la voladura y la velocidad en el ciclo de minado. En este caso, debido a la mala calidad de la masa rocosa mineralizada, es muy recomendable utilizar voladura en breasting y minar con mayor velocidad en el ciclo de minado.

Un aspecto final que es válido para todas las alternativas de minado que aquí se tratan, es la secuencia del minado de las diferentes estructuras mineralizadas. En Pachapaqui, los mantos mineralizados se presentan aproximadamente paralelos, en tal situación lo ideal sería empezar el minado por la estructura ubicada al techo y luego avanzar sucesivamente con las estructuras que se ubican cada vez en el piso del anterior, es decir, el avance del minado de las estructuras mineralizadas sería de SW a NE; sin embargo, la presencia de caballos estériles de variado ancho, el buzamiento de los mantos, y el relleno de los tajeos podrían influir en las condiciones de estabilidad de los tajeos inferiores; en tal sentido es recomendable que durante el planeamiento y diseño del minado se tome en cuenta este hecho para establecer la secuencia correcta de minado.

D&F para potencias mayores de mineral

En este método de minado el avance sería en dirección perpendicular al rumbo de las estructuras mineralizadas. El minado en este caso es ascendente, por cortes. Se completa un primer corte primero extrayendo el mineral de las cámaras, luego rellenando con relleno cementado estas cámaras, el relleno debe ser bien topeado al techo, y finalmente recuperando el mineral de los pilares y rellenándolos o con relleno cementado pobre o con relleno sin cemento. Así continua el minado ascendente en cada corte horizontal.

Es obvio que además se tiene que sostener adecuadamente los techos de las cámaras y también los techos de las excavaciones que resulten de la recuperación de los pilares.

Un aspecto muy importante es el topeo del relleno al techo, si no hubiera un buen topeo al techo, es mejor no pensar en esta alternativa de minado, porque no se harían esperar los problemas de inestabilidad local y global, debido a la mala calidad del mineral.

SARC para potencias menores y mayores

La secuencia de avance del minado recomendable es formar paneles, y en cada panel realizar una explotación ascendente y secuencial en la horizontal. Cada panel a su vez puede ser dividido en áreas de minado según la cantidad de frentes de producción que se desee tener. En cada área de minado se comenzará el minado en el fondo del panel, avanzando luego a manera de una columna y rellenando con relleno cementado. Cuando se culmine el minado de toda la columna, se continuará con el minado en el costado del tajeo del fondo rellenado con relleno cementado, exponiendo la pared del mismo solo en el lado contiguo; así, en forma sucesiva continuará el minado hasta explotar toda el área y panel. La desventaja de esta secuencia de minado es que todos los tajeos requerirán ser rellenados con relleno cementado, pero se logran adecuadas condiciones de estabilidad local y global.

Otra alternativa es minar primero los tajeos primarios rellenándolos con relleno cementado, y cuando se culmine con todos los tajeos primarios minar luego los tajeos secundarios y rellenarlos o con relleno cementado pobre o relleno sin cemento. La desventaja de esta alternativa es que el relleno cementado es expuesto por dos caras (paredes) y el relleno tiene que ser bien topeado al techo, de otra manera el control de la estabilidad del techo sería muy dificultoso. En esta última alternativa hay más probabilidades de ocurrencia de inestabilidad local y global.

Para optar por alguna de las alternativas señaladas para la explotación de la Zona de Mantos de Pachapaqui, lo ideal sería llevar a cabo una evaluación técnica económica de cada una de las alternativas a fin de seleccionar la mejor alternativa. En la experiencia de los autores de este informe a priori pareciera que tiene ventajas el método SARC, por lo menos desde el punto de vista geomecánico.

Relleno: Para el caso del método de minado OC&FM y SARC menores potencias, no necesariamente el relleno tiene que ser cementado, pero para los métodos D&F y SARC mayores potencias tiene que haber obligatoriamente un sistema de relleno cementado.

El CHF demanda la preparación del tajeo para el relleno, siendo necesario taponear los accesos al tajeo y construir un sistema de drenaje dentro del tajeo. El taponamiento se realizaría con una estructura de perfil de acero y madera, enrejado con tablas y cubierto con una tela filtrante de fibra sintética tipo Terram 1000. El sistema de drenaje estaría conformado por torres de drenaje de aproximadamente 40 cm de diámetro, consistente de malla de alambre cubierta con la misma tela filtrante, estas torres se deben interconectar en su base mediante tubos flexibles agujereados de 4" de diámetro y cubiertos también por la tela filtrante, que

desembocan en el tapón. Este sistema de drenaje garantiza una buena evacuación del agua del CHF.

Consideraciones finales

- Para la explotación subterránea de las diferentes estructuras mineralizadas de la Zona de Mantos de Mina Pachapaqui. Esta definición corresponde a una factibilidad técnica y con un enfoque geomecánico. Será importante que el personal de Planeamiento y Diseño de ICM Pachapaqui S.A.C, lleve a cabo una evaluación económica comparativa de cada uno de los métodos de minado definidos en este informe, para lo cual se suministran los diferentes parámetros geomecánicos asociados al diseño del minado. En este trabajo es importante que haya una interacción entre el grupo técnico de Planeamiento y Diseño de ICM Pachapaqui S.A.C. y el grupo técnico de Geomecánica, de esta manera habrá un apoyo más efectivo de este último.
- Finalmente se alcanza algunos datos de dilución y recuperación.
- Para el caso del OC&FM, cabe mencionar que en nuestro país hay minas donde la dilución está entre 4 y 5 %. Desde luego que también hay minas en donde con este método de minado se tienen diluciones tan altas como 15 % o más. En cuanto a la recuperación de reserva de mineral, se registran casos de recuperaciones del 85 al 95 %.
- En el D&F y el SARC los parámetros de dilución y recuperación son similares.
 La dilución varía de 5 al 10 % y la recuperación de 90 a 95 %.
- Según información recibida del personal de Geología de ICM Pachapaqui
 S.A.C. los contactos litológicos mineral-cajas no están bien definidos, esto

podría causar mayor dilución o pérdidas de mineral en el caso del método de minado SARC, por lo que hay que tener en cuenta esto para el planeamiento y diseño del minado.

Otro aspecto importante es que en el contacto del mineral de los mantos con la caja techo se presentan estratos delgados de roca de mala calidad como el carbón. Este estrato será extraído con el mineral y causará dilución.

4.4 Discusión de resultados

Luego de la realización del planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C. se obteneirn las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El área de Gayco es una zona estratégica por el volumen de mineral que existe y debe reemplazar al área de Catuva.
- La implementacion de taladros largos en la explotación ha sido beneficiosa dado que ha redundado en la disminución de costos de mina.
- Por la naturaleza del método de explotación, esto permite tener mineral roto en Stand By.
- 4. Los esfuerzos verticales in-situ para la Zona de Mantos serían de 4.0 a 8.0 MPa para una profundidad de 150 a 300 m medidos respecto al Nv. 4260 hasta superficie, estando el sector SE de los mantos a mayor profundidad. La constante "k" (relación de los esfuerzos horizontal / vertical) para determinar el esfuerzo in- situ horizontal se ha estimado utilizando el criterio de Sheorey (1994) correspondiendo un valor aproximado de 0.8 a 1.0, con estos valores, el esfuerzo horizontal estaría variando de 6.4 a 8.0 MPa.

5. Para el caso de la Zona de Brechas, la profundidad media es de 250 m, por lo que el esfuerzo vertical in-situ estimado es de 6.8 MPa con una constante "k" cercano a la unidad (1.0) correspondiéndole un esfuerzo horizontal aproximado de 6.8 MPa.

 Como conclusión, señalamos que los niveles de esfuerzos in-situ asociados al futuro minado subterráneo inmediato de Mina Pachapaqui serán de bajos a moderados.

7. Evaluación Económica: La evaluación económica se hizo con los siguientes parámetros:

• Reservas: 430,775 Toneladas.

Valor de Mineral: \$41.45/tm.

■ Inversión: \$ 450,000.

Producción mensual: 12000 Tm/mes.

■ Costo de producción de Gayco: \$38.87/Tm.

4.5 Aportes del tesista

Se realizó del planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C. el cual deberá de ser aplicado al inicio del proyecto y este podrá ser ajustado a la realidad cuando se presente el arranque del mineral y se confirme las condiciones geológicas presentes en el minado subterráneo.

CONCLUSIONES.

- Se realizó el planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ ICM Pachapaqui S.A.C.
- 2. Se presentó y detallo cada una de las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo para lo zona de mantos.
- 3. Se planifico el aumento de producción planteado.
- 4. Se dio a conocer las variables para el desarrollo óptimo del minado.

RECOMENDACIONES

- En esta tesis se han definido los métodos de minado alternativos que podrían ser utilizados para la explotación subterránea de la Zona de Mantos de Mina Pachapaqui. Esta definición corresponde a una factibilidad técnica y con un enfoque geomecánico. Se sugieree que el personal de Planeamiento y Diseño de KZ-ICM Pachapaqui S.A.C., lleve a cabo el diseño y una evaluación económica comparativa de cada uno de los métodos de minado definidos en este informe, y se elija el más seguro y eficiente.
- Es importante que para el planeamiento y diseño de cada uno de los métodos de minado subterráneo alternativos aquí definidos, se tome en cuenta los diferentes parámetros geomecánicos asociados al diseño del minado, en particular lo relacionado a los esquemas de minado y sus dimensiones asociadas, y a la secuencia de avance del minado.
- 3) Es recomendable priorizar la exploración de la Zona de Brechas, porque en esta zona las condiciones geomecánicas de la masa rocosa son más favorables, las que pueden permitir el minado masivo del yacimiento para el aumento de la producción, incluso sería recomendable hacer un ejercicio de minado a cielo abierto (open pit).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackoff, R. (1993). "Rediseñando la empresa del futuro", Editorial Limusa. México.
- Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana, 5° Edición, Joan Corominas, Ed. Gredos. (1976). Madrid España.
- Crippen Consultants Limited, y. S. (1998). Estudio de Impacto Ambiental de CMA. San Marcos Perú.
- Departamento de geología. (2010). Estudio geologico de la mina Pachapaqui zona los Mantos. Aquia Perú.
- Gómez C G. (1976). "Planeación y Organización de Empresas". Editorial Edicol. México.
- Hernández S. R. (2010). Metodología de la investigación. 5ta edición Mc. Graw Hill México, 2010. México.
- http://www.geoestadistica.com. (s.f.).

 http://www.geoestadistica.com/planeamiento_minado.htm, recuperado de

 http://www.geoestadistica.com/el 20/05/2018.
- http://www.geoestadistica.com/planeamiento_minado. (2015). Definicion de Planeamiento de minado y Tipos. Lima.
- INAP. (2002). Planificación Estratégica, Dirección de Documentación e Información Instituto Nacional de la Administración Pública. CUARTA EDICIÓN. Buenos Aires – Argentina.
- Koontz, H. y Weihrich, H. (1995). "Administración, una perspectiva global", Editorial Mc.Graw Hill, 4° Edición. México.
- Leiferman, U. (1996). "Nociones organizacionales críticas para el proceso de planificación", Ficha Técnica de Contenidos, INAP. Buenos Aires Argentina.

- Levy, A. (1981). "Planeamiento Estratégico", Ediciones Macchi. Buenos Aires.
- Mena, S. A. (2012). Tesis PLANEAMIENTO DE MINADO SUBTERRANEO PARA VETAS ANGOSTAS: CASO PRACTICO; mina "Esperanza de Caravelí" de Compañía Minera Titán S.R.L, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima - Perú.
- Mendiola, C. J. (2017). Implementación de un planeamiento de operación para incrementar el nivel de productividad en la cantera de aridos en Matahuasi de la empresa Inversiones Vida) Olivares E.I.R.L. Concepción-Junín, Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, EAPIM. Huancayo Perú.
- Mintzberg, H y Bryan K. J. (1997). El proceso estrategico Prentice Hall Hipanoamericana S.A. México.
- Pierre, M. (1966). "El plan y el antiazar". Ed. Nueva Colección Labor. Buenos Aires Argentina.
- Quispe A . A. (2013). Tesis "Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea S.A." Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geologica, Minera y Metalurgica. Avelino QUISPE AGUILAR Tesis "Plan de minado subterráneo aplicado en la corporación minera Ananea S.A." Uni Lima Perú.
- Real Academia Española. (2001). Real Academia Española. (2001). Diccionario de la lengua española (22.a ed.). Consultado en http://www.rae.es/rae.html. Madrid España.

ANEXO

ANEXO N° 01: Matriz de consistencias

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	POBLACION
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Tipo	Población y muestra
¿El planeamiento de minado subterráneo se aplicara en la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C,?	Determinar el planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.	El planeamiento de minado subterráneo se aplica para la zona de mantos, KZ - ICM Pachapaqui S.A.C.	La investigación que se realizará será tipo correlacional, transversal y descriptivo.	Población Todas las labores mineras proyectadas para la explotación de la zona de mantos, como: Cruceros, sub niveles, galerías, socavones, tajeos, chimineas, estocadas, refugios, etc.
Problemas segundarios	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Diseño y alcance de la investigación:	<u>Muestra</u>
 ✓ ¿Cuáles son las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo para la zona de mantos? ✓ ¿La planificación incidirá en el aumento de la producción? ✓ ¿Cuáles son las variables para el desarrollo óptimo del minado? 	 ✓ Determinar las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo para lo zona de mantos. ✓ Determinar la Planificación para el aumento de producción. ✓ Determinar las variables para el desarrollo óptimo del minado. 	 ✓ Las etapas que comprende el planeamiento de minado subterráneo se aplican en la zona de mantos. ✓ La Planificación incide en el aumento de producción. ✓ Las variables inciden para el desarrollo óptimo del minado. 	La investigación que se desarrolla es: Descriptivo – correlacional.	∠a mina en la zona de Mantos

Fuente: El tesista