

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“MEJORAMIENTO DE PLAN DE MINADO PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA CONTRATA MINERA
WILSANDER DE LA CORPORACIÓN MINERA ANANEA S. A.”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. REYNALDO WILLAM HUCHAMACO ALANOCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PROMOCIÓN 2011-II

PUNO PERU

2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
TESIS**

“MEJORAMIENTO DE PLAN DE MINADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE
PRODUCCIÓN EN LA CONTRATA MINERA WILSANDER DE LA CORPORACIÓN
MINERA ANANEA S. A.”

PRESENTADA POR:

Bach. REYNALDO WILLAM HUCHAMACO ALANOCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16-03-2018

APROBADA POR LOS JURADOS:


PRESIDENTE DEL JURADO

: 
M. Sc. Ing. Eugenio Araucano Domínguez

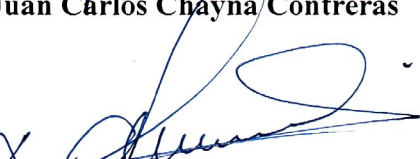
PRIMER MIEMBRO

: 
M. Sc. Ing. Esteban Marín Paucara

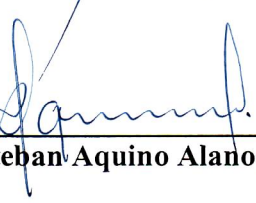
SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. Juan Carlos Chayña Contreras

DIRECTOR

: 
Dr. Ing. Fernando Benigno Salas Urviola

ASESOR

: 
Ing. Esteban Aquino Alanoca

AREA : Ingeniería de Minas
TEMA : Diseño y Planeamiento en Minería

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación es dedicado primordialmente a Dios.

A mis padres: Teófilo Huchamaco y Segundina Alanoca y a mis hermanos por su gran apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi esposa Liss Verónica y a mis hijos: Snayder y Luna, quienes me motivaron para lograr mi objetivo de ser un Ingeniero de Minas.

Con todo mi aprecio: Reynaldo W. Huchamaco Alanoca,

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, alma mater de la educación Universitaria, por haberme compartido las vivencias con mis compañeros durante los cinco años de estudio. Y a los Ingenieros y Docentes por haberme transmitido sus conocimientos teóricos y prácticos y orientación vocacional para lograr los objetivos en mi vida profesional.

Mi agradecimiento a mis hermanos, amigos y familia, quienes contribuyeron en mi formación ya sea directa o indirectamente para hacer realidad mi formación profesional.

Agradezco a la Contrata Minera Wilsander, por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación. Para realizar las pruebas de perforación y voladura sin ninguna restricción en su labor de trabajo y agradecer a los trabajadores de la empresa por compartir sus experiencias en el trabajo.

Por último, agradezco a mi Director y Asesor de mi tesis al Dr. Ing. Fernando Benigno Salas Urviola, Ing. Esteban Aquino Alanoca, por haberme apoyado con la elaboración de mi presente investigación de tesis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	15
ABSTRAC	16
INTRODUCCIÓN	17

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	18
1.2. Formulación de preguntas.....	19
1.2.1. Pregunta general	19
1.2.2. Preguntas específicos.....	20
1.3. Objetivos de la investigación.....	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos	20
1.4. Justificación de la investigación	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.2. Clasificación de las rocas.....	24
2.2.1. Las rocas ígneas.....	24
2.2.2. Las rocas sedimentarias	24

2.2.3.	Las rocas metamórficas	25
2.3.	Caracterización del macizo rocoso	25
2.4.	Discontinuidades en macizos rocosos	26
2.4.1.	Características de discontinuidades	27
2.4.2.	Parámetros de las discontinuidades	28
2.4.3.	Clasificación de Bieniawski Rock Mass Rating (RMR)	30
2.5.	Caracterización geomecánica de macizos rocosos	31
2.6.	Importancia de la mecánica de rocas en la minería subterránea.....	31
2.7.	Sistema Q de Barton	32
2.8.	Planificación minera	33
2.8.1.	La planificación operativa	34
2.8.2.	La planificación administrativa	35
2.8.3.	La planificación estratégica (Largo plazo)	35
2.8.4.	La planificación como un sistema	36
2.8.5.	Razones para hacer planificación en las empresas mineras.....	36
2.8.6.	Las técnicas de planificación	37
2.9.	Objetivos de la planificación	38
2.9.1.	Introducción a la planificación y control de la producción y la capacidad	38
2.10.	Planificación estratégica de minado	38
2.10.1.	Diseño de mina - determinar reservas	38
2.10.2.	Secuencia de explotación - fases de minado.....	39
2.10.3.	Ley de corte operacional óptimo	39
2.10.4.	Capacidad de planta y minado óptimo.....	40
2.10.5.	Ley de corte operacional óptima.....	41
2.10.6.	Planeamiento de minado y estrategia operativa en empresas mineros	43

2.10.7.	Planeamiento de minado y reservas minables	45
2.10.8.	Definición del tamaño de la operación	46
2.10.9.	Estimación de inversión para métodos seleccionados de explotación.....	46
2.11.	Planeamiento de minado subterráneo	47
2.11.1.	Información técnica preliminar.....	47
2.11.2.	Información geológica mineralógica	48
2.11.3.	Información estructural.....	48
2.11.4.	Información económica	48
2.12.	Ciclo de planeamiento de minado.....	49
2.12.1.	Planeamiento de labores de preparación.....	49
2.12.2.	Control en ejecución del proyecto	51
2.13.	Elementos del planeamiento	52
2.13.1.	Optimización de la producción.....	52
2.13.2.	Cámaras y pilares.....	53
2.13.3.	Proceso productivo	53
2.14.	El plan de labores mineros.....	54
2.15.	Estudio de planes de labores anuales.....	54
2.16.	Control de leyes del mineral	54
2.17.	El proceso del análisis de toma de decisiones	55
2.17.1.	La toma de decisiones.....	55
2.17.2.	Clases de decisiones	56
2.17.3.	Actuando sobre la causa	57
2.17.4.	Actuando sobre el efecto	57
2.17.5.	Utilización del ordenador en la planificación y en la toma de decisiones.....	57
2.17.6.	La técnica de simulación	57

2.17.7.	La optimización o mejoramiento	58
2.17.8.	El control de proceso y sistemas expertos	58
2.18.	Marco conceptual.....	59
2.18.1.	Planeamiento de minado subterráneo	59
2.18.2.	Labores subterráneas	59
2.18.3.	Mejorar	60
2.18.4.	Mejora continua.....	60
2.18.5.	Optimización	60
2.18.6.	Planificación y control de producción	60
2.18.7.	Productividad.....	61
2.19.	Formulación de la hipótesis.....	61
2.19.1.	Hipótesis general	61
2.19.2.	Hipótesis específica	62

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de la investigación.....	63
3.2.	Nivel de investigación	63
3.3.	Población y muestra.....	63
3.3.1.	Población	63
3.3.2.	Muestra	64
3.3.3.	Muestreo	64
3.4.	Operacionalización de variables	64
3.5.	Diseño de la investigación.....	65
3.6.	Metodología del trabajo.....	66
3.6.1.	La primera etapa del proyecto - recolección de la información	66

3.6.2.	La segunda etapa - pos proceso	66
3.6.3.	La tercera etapa – evaluación y mejoramiento de plan de minado.....	69
3.6.4.	La cuarta etapa – optimización de producción	69
3.7.	Según la finalidad	69
3.8.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	70

CAPÍTULO IV

ASPECTOS GENERALES DE OPERACIÓN MINERA

4.1.	Contrata Minera Wilsander.....	71
4.2.	Ubicación de mina Ana María – Rinconada.....	72
4.2.1.	Ubicación.....	72
4.2.2.	Accesibilidad	72
4.2.3.	Clima y vegetación	73
4.2.4.	Recursos.....	74
4.3.	Descripción de las etapas en operación mina	74
4.3.1.	Exploración.....	74
4.3.2.	Desarrollo	74
4.3.3.	Preparación	75
4.3.4.	Explotación.....	75
4.4.	Frentes de tajeos de mineral	75
4.4.1.	Circado.....	75
4.4.2.	Fractura de mineral o quiebra	76
4.5.	Aspectos generales del yacimiento.....	76
4.5.1.	Formación Sandia	76
4.5.2.	Formación Ananea.....	76
4.5.3.	Geología regional	78

4.5.4.	Formación del yacimiento	78
4.5.5.	Geología estructural.....	79
4.5.6.	Formación del yacimiento	81
4.5.7.	Geología de minas	82
4.5.8.	Geología económica	83
4.5.8.1.	Afloramiento.....	83
4.5.8.2.	Mineralogía.....	84
4.5.8.3.	Mineralización	85

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1.	Exposición de pruebas y resultados	86
5.1.1.	Exposición de pruebas y resultados de acuerdo a hipótesis	86
5.2.	Metodología de investigación realizada	87
5.3.	Planeamiento de minado actual (métodos y técnicas de trabajo)	87
5.3.1.	Evaluación de plan de minado actual (métodos y técnicas de trabajo)	87
5.3.2.	Características geoestructurales de la zona labores mineras	88
5.4.	Mejoramiento de planeamiento de minado y operaciones unitarias.....	88
5.5.	Operaciones unitarias.....	88
5.5.1.	Sostenimiento	88
5.5.2.	Perforación.....	89
5.5.3.	Voladura	89
5.5.4.	Cálculo del volumen roto	90
5.5.5.	Total tonelaje de mineral roto.....	91
5.5.6.	Carguío	91
5.5.7.	Transporte.....	92

5.6.	Planeamiento de minado propuesto	92
5.7.	Evaluación de plan de minado a corto plazo	92
5.8.	Determinación de la calidad del macizo rocoso	94
5.8.1.	Trabajo de campo	94
5.8.2.	Mapeo geomecánico	95
5.8.3.	Objetivos de mapeo	95
5.8.4.	Descripción de las discontinuidades en registro lineal	98
5.8.5.	Clasificaciones geomecánicas	99
5.8.6.	Mapeo geomecánico de RMR de Bieniawski 1989.....	100
5.8.7.	Recolección de información geomecánica	101
5.8.8.	Dominio estructural del macizo rocoso en Contrata Minera Wilsander.....	107
5.8.9.	Sintetización de dominio estructural	109
5.8.10.	Resistencia Compresiva Uniaxial por método no destructivo.....	110
5.8.11.	Propiedades físicas de muestras.....	111
5.8.12.	La resistencia compresión uniaxial - laboratorio de mecánica de rocas FIM - UNAP.	112
5.8.13.	Carga puntual.....	113
5.8.14.	Determinación de RQD	114
5.8.15.	Resultados de resistencia a compresión uniaxial (RCU).....	115
5.8.16.	Evaluación de RMR de Bieniawski (1989).....	116
5.8.17.	Corrección por orientación.	117
5.8.18.	Diseño de sostenimiento a partir del índice RMR - Beniawski 1989.....	119
5.8.19.	Dimensión equivalente (De).....	121
5.8.20.	Clasificación geomecánica Q de Barton.....	122
5.8.21.	Método de determinación de Q por correlación	122

5.8.22. Método de mapeo geomecánico Q de Barton.....	123
5.8.23. Consideración geomecánica para la aplicación de soporte-índice Q.....	124
5.8.24. Planeamiento de minado a corto plazo	126
5.9. Producción de minerales de Contrata Minera Wilsander	126
5.9.1. Optimización de producción de minerales auríferos	127
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA	131
ANEXOS	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Estructura litológica del macizo rocoso.	27
Figura 2. 2 VAN respecto a capacidad de planta.....	40
Figura 2. 3 VAN respecto a ley de corte de planta.	41
Figura 2. 4 Ley corte óptima.....	41
Figura 2. 5 Relación crítica de desbroce.....	46
Figura 5. 1 Actividades en mapeo geomecánico.	95
Figura 5. 2 Histograma de espaciado y persistencia de familia 1.....	102
Figura 5. 3 Histograma de apertura y rugosidad de familia 1.....	103
Figura 5. 4 Histograma de relleno espesor y meteorización de familia 1.....	103
Figura 5. 5 Histograma de agua subterránea de familia 1.....	103
Figura 5. 6 Histograma de espaciado y persistencia de familia 2.....	104
Figura 5. 7 Histograma de apertura y rugosidad de familia 2.....	105
Figura 5. 8 Histograma de relleno espesor y meteorización de familia 2.....	105
Figura 5. 9 Histograma de agua subterránea de familia 2.....	105
Figura 5. 10 Histograma de espaciado y persistencia de familia 3.....	106
Figura 5. 11 Histograma de espaciado y persistencia de familia 3.....	107
Figura 5. 12 Histograma de relleno espesor y meteorización de familia 3.....	107
Figura 5. 13 Histograma de agua subterránea de familia 3.	107
Figura 5. 14 Concentración de polos.	108
Figura 5. 15 Familas de discontinuidades.....	108
Figura 5. 16 Diagrama de Rosseto.....	109
Figura 5. 17 Especímenes para ensayo de RCU de roca intacta Contrata Wilsander...	113
Figura 5. 18 Producción mensual de minerales auríferos en 2015	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Tipos principales de discontinuidades	28
Tabla 2. 2 Estimado de inversión en diferentes métodos de explotación minera.	47
Tabla 2. 3 Caracterización de excavación.....	50
Tabla 2. 4 Actividades de preparación de un bloque mineralizado	51
Tabla 3. 1 Operacionalización de variables.	65
Tabla 4. 1 Distancia aproximada a Centro Poblado La Rinconada.	73
Tabla 5. 1 Tonelaje de mineral roto de los 4 turno	91
Tabla 5. 2 Clasificación de macizo rocoso por número de familias	98
Tabla 5. 3 Discontinuidades de progresiva 0-15 familia 1	102
Tabla 5. 4 Discontinuidades de progresiva 0-15 familia 2.	104
Tabla 5. 5 Discontinuidades de progresiva 0-15 familia 3	106
Tabla 5. 6 Progresiva 0-15 longitud 15,00 m Contrata Minera Wilsander.....	109
Tabla 5. 7 Valores de K con martillo Schmidt.	110
Tabla 5. 8 Propiedades físicas de muestra de roca intacta Contrata Wilsander.....	111
Tabla 5. 9 Resultado de laboratorio de RCU. FIM-UNA.	113
Tabla 5. 10 Ensayos de carga puntual Laboratorio de la FIM-UNA.	114
Tabla 5. 11 Calidad de roca de acuerdo a RQD.....	115
Tabla 5. 12 Valores de Resistencia Compresiva Uniaxial (RCU).....	115
Tabla 5. 13 Clasificación de roca según el valor del RMR de Bieniawski.....	116
Tabla 5. 14 Orientación de diaclasas de progresiva 120.00-144-00 m.....	116
Tabla 5. 15 Calificación de Corrección por orientación propuesto por Bieniawski.....	117
Tabla 5. 16 Abaco de clasificación geomecanica de RMR Bieniawski 1989.	117
Tabla 5. 17 Rock Mass Rating (RMR) de progresiva 0-15 de acuerdo Bieniawski.....	118
Tabla 5. 18 Sostenimiento a partir del índice RMR - Beniawski	120

Tabla 5. 19 Valores del Índice ESR de la clasificación de Barton (2000).....	121
Tabla 5. 20 Puntuación de clasificación Q de Barton.....	124
Tabla 5. 21 Sostenimiento de excavaciones propuesto por Grimstad y Barton 1993.	125
Tabla 5. 22 Tonelaje de mineral roto y número de viajes de los 4 turnos	127
Tabla 5. 23 Estadística de producción mensual durante 20 días en el año 2015.....	127

RESUMEN

El presente estudio de investigación tiene como objetivo evaluar las características del macizo rocoso en sus frentes de explotación; Boa, Frente N, San Antón I y II. A través de las teorías de Beniaowski y Barton. Se evaluará las deficiencias anteriores como: desprendimiento de rocas, sostenimiento inadecuado, cálculo deficiente de voladura por falta de datos geomecánicos y una producción de mineral que está por debajo de la meta de área de planeamiento, todo los defectos mencionados generaban un mayor costo de explotación en la contrata minera. El objetivo de investigación es mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso para la optimización de producción y mejorar el plan de minado actual mediante la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción. En el Capítulo V de pruebas y resultados. Fue determinante las pruebas de laboratorio que se realizó para caracterizar el tipo de roca en cada uno de sus frentes de explotación, para secciones de 2,40x2,10m. En donde el avance lineal por disparo se obtenía 1m por disparo al emplear barreno de 4 pies. A partir de Enero 2015 la Contrata Minera Wilsander, obtiene 1.30m por disparo, aplicando un barreno de 5 pies. En donde el RQD=72%, la calidad de la roca es de media y el RMR se obtuvo 51% indicando el tipo de roca III, en donde las características del tipo de sostenimiento que se debe aplicarse según el $Q=2.17$. Se obtenía una producción de 35,44 TM/día. Operando con una producción según los reportes es 1280 TM/mes. En donde se trabajaba por dejado de la producción óptima. Al proponer la optimización en el año 2015 en 04 meses, se ha realizado las pruebas con equipos de perforación de 5 pies, la producción del mineral aumento a 48,44 TM/día, y la producción mensual se mejoró al 1285 TM/mes.

ABSTRAC

This research work has by purpose to evaluate the characteristics of the rock mass in the heading such as: Boa, Frente N, San Antón I y II. Through Bieniawski and Barton's theories, the deficiencies of this four heading are evaluated, it found out the following problems: rock fall, inadequate support, poor calculation of blasting due to lack of geomechanical data, and a production of ore that not reach to the projection according to the planning area. All the mentioned defects generated a higher operating cost in the mining enterprise Wilsander. The research objective is to improve the current mining plan by determining the quality of the rock mass by evaluating unit operations in order to optimize production. In chapter V, tests and results, first was determined heading's quality and type rock by lab tests that it have a section of 2.40 x 2.10 m. The results were: a $RQD = 72\%$, an average quality rock, a RMR of 51 which it indicate a type rock equal to III, a type support according to value Q equal to 2.15. Second, the unit operations were evaluated, the production of agreement to the statistics was lower to 1280 TM/month which is below optimal operating production. This production before lab tests achieved 35.44 TM/day by drilling blast holes of 4 feet and by loading manually a mining truck of 3 tons of capacity, and by obtained an advance of 1.00 meter/blast. To optimize the production since January 2015 the tests were carried out in period of 04 months by drilling blast holes of 5 feet and by loading a mining truck of 4 tons of capacity, and by obtained an advance of 1.30 meters/blast. After of the tests, it was possible to increase the production of 35.44 TM/day to a production of 48.44 TM/day of gold minerals, likewise, month production was improved to 1,285 TM/month of gold minerals in the Wilsander Mining Contract.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad toda empresa minera desarrolla una alternativa adecuada de explotación subterráneo, existen varias contratas mineras y uno de ellos es Contrata Minera Wilsander en proceso de formalización, está ubicado en el distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, Departamento de Puno, entre los 4900 a 5200 m.s.n.m. Donde no existe el plan de minado subterráneo anual. Surge la necesidad de nuevos métodos y técnicas de trabajo con plan de minado adecuado, una secuencia ordenada de operaciones en donde conducirán a una producción favorable para la obtención de mineral aurífero, donde se plantea el mejoramiento de planeamiento de minado que constituye una alternativa para incrementar y optimizar la producción mediante el diagnóstico de las características geomecánicas del macizo rocoso y las operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales auríferos. Se observaran el comportamiento del macizo rocoso en los frentes de explotación y luego se aplicaran las teorías de geomecánica que serán importantes para determinar el tipo de sostenimiento que debe emplearse para controlar la caída de rocas y también se tendrá los datos geomecánicos para calcular el diseño de malla de perforación para realizar la voladura en donde tendremos mejores resultado en la producción mensual del mineral aurífero. Por otro lado, por parte de la Contrata Minera Wilsander se debe recopilar la información necesaria de la caracterización del macizo rocoso, para elegir el tipo de sostenimiento, los accesorios adecuados de perforación y otros, pues dichos parámetros varían en función a los modelos y marcas. Es importante tener una base de datos para el control de los rendimientos con el objetivo de mejorarlo o en su defecto conservar una tendencia de acuerdo a lo registrado a partir del inicio de las labores de la supervisión y finalmente se debe programar capacitaciones para los trabajadores de la Contrata Minera Wilsander.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La Contrata Minera Wilsander desarrolla sus actividades de desarrollo y explotación siguiendo métodos empírico-prácticos en el marco del proceso de formalización, en el yacimiento aurífero Ana María I de la Corporación Minera Ananea S.A., el presente trabajo de investigación de mejoramiento de plan de minado para la optimización de producción en la Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S. A.

Surge considerando que los métodos y técnicas de trabajo sin plan de minado adecuado una secuencia desordenada de operaciones conducen a una producción baja en la obtención de minerales auríferos, se debe destacar que no existe el plan de minado subterráneo actual.

Además en la geometría de la sección actual se ha presentado algunos desprendimientos de rocas de pizarra del techo de la excavación después del circado que puede afectar a los equipos, instalaciones auxiliares y personal que labora. la calidad del macizo rocoso y la deficiencia en las operaciones unitarias repercuten en la baja

producción, en requerimiento de mayor número de personal, y en el incremento de costos de producción, conforme se profundizan las operaciones mineras.

En esta realidad el mejoramiento de planeamiento de minado constituye una alternativa para incrementar y optimizar la producción mediante el diagnóstico de las características geomecánicas del macizo rocoso del yacimiento y las operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales auríferos en la Contrata Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

Mediante la aplicación de teoría del conocimiento en el análisis integral de los factores que repercuten en la producción dentro de la empresa, sus limitaciones internas y externas dentro del marco de formalización que nos permitan una mejor producción.

Considerando de vital importancia la determinación de la calidad del macizo rocoso mediante las clasificaciones geomecánicas, para aplicar el refuerzo adecuado, la evaluación de operaciones unitarias actuales, para rediseñar el mejoramiento respectivo de la deficiencia en el plan de minado con lo que se opera actualmente.

Se requiere de un rediseño en la planificación de operaciones mineras, en un mejoramiento de planeamiento de minado actual para lograr una producción mejor y óptima considerando la secuencia de extracción del mineral y del desmote en función a sus reservas minerales.

1.2. Formulación de preguntas

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se mejora el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?

1.2.2. Preguntas específicos

- a) ¿De qué manera se puede mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?
- b) ¿De qué manera se puede mejorar el plan de minado actual mediante la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.
- b) Mejorar el plan de minado actual mediante la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

1.4. Justificación de la investigación

El presente proyecto de investigación es muy importante, con este aporte se puede observar los principales retos y dificultades del negocio minero en general, primero para

la contrata minera, porque permitirá un beneficio económico a la Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A. segundo para el personal de la Contrata que serán capacitados para realizar un proceso adecuado de la optimización de la producción, tercero para la universidad que servirá como un modelo de planeamiento operacional para aumentar la producción de extracción y tratamiento de minerales auríferos en la mina subterráneo en este departamento de Puno

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Cenzano C., (2010). Tesis titulado: “*Optimización de Operaciones en la Empresa Minera CENZACONT SRL*”, Universidad Nacional del Altiplano - Puno. En su conclusión menciona: se logró optimizar las operaciones de la empresa, generando máximas tasas de rentabilidad por la explotación de minerales auríferos de vetas o filones angostos, logrando un adecuado control de costos y aplicando tecnología de bajo costo operativo, logrando una mecanización similar a la de mediana minería.

Jacinto E., (2014). Tesis titulado: “*Explotación por Gradines Invertidos en Mantos Auríferos del Proyecto Balcón III de Corporación Minera Ananea S.A.*”, Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Con el objeto de optimizar el costo e incrementar mayor productividad, con lo cual se llegó a que la productividad de mano de obra directa con el método cámaras y pilares es 5,60 TM/hombre – mes. Sin embargo, con el sistema Gradines Invertidos verhand Stopping), la productividad alcanza a 16,52 TM/hombre-mes, lo que significa un incremento de 295% al respecto al método anterior. Por lo que es viable técnica, económica y financieramente factible.

Medina P., (2000). Tesis titulado: “*Planeamiento De Producción Para La Explotación Del Yacimiento Aurífero De Riticucho La Rinconada Ananea – Puno*”, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. En su conclusión N° 2 indica: para la minería convencional de la zona del departamento se recomienda usar pequeños paquetes para los sistemas de planeamiento de producción minera, en vista que los paquetes integrales tienen elevados costos”.

Turpo E., (2014). Tesis titulado: “*Planeamiento de Minado Para una Mejor Explotación del Yacimiento Esperanza de Caraveli*”, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Los estudios y etapas de plan de minado a mediano plazo. 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 podría confirmar el crecimiento de las reservas, por lo que es idóneo la implementación del plan de minado a mediano plazo, que en base a la estimación y flujo económico es rentable y conveniente para la empresa.

Venegas P., (2009). Tesis titulado: “*Ampliación de Producción de Mina Condestable*”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Donde es su conclusión indica: La decisión de ampliación se sustenta en cuatro factores clave, los cuales son, en orden de importancia: tendencia de precio favorable, costos adecuados, reservas suficientes y gerencia apta para llevar a cabo el cambio.

García J., (2011). Tesis titulado: “*Planeamiento de Corporación Minera Castrovirreyna*”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, en su conclusión menciona: Las reservas y recursos minerales calculados hasta el momento, para Corporación Minera Castrovirreyna, asegurará la vida de la mina en los próximos 8 años (zona alta). Además, la ejecución de taladros diamantinos confirmarían el

crecimiento de las reservas en zona baja, los cuales asegurarían una producción diaria de 2000 TM/día.

Mena A., (2012). Tesis titulado: “*Planeamiento de Minado Subterráneo Para Vetas Angostas: Caso Práctico; Mina “Esperanza de Caravelí” De Compañía Minera Titán S.R.L*”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, en su conclusión menciona: 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.

2.2. Clasificación de las rocas

2.2.1. Las rocas ígneas

Son muy resistentes, isotrópicas, rígidas, frágiles, densas y de textura entrabada. Su inconveniente se da por presencia de materiales alterables y diaclasamiento como:

a) Las rocas ígneas plutónicas

Tienen minerales resistentes, entrabados, se da fallamiento en escalonado de minerales porque son diferentes.

b) Las rocas ígneas volcánicas

Muestran heterogeneidad de minerales; hay falla en poros que afectan la roca, la porosidad le da plasticidad a la masa que si es de rocas masivas resulta poco porosa.

2.2.2. Las rocas sedimentarias

Tienen resistencia media a baja son ortotrópicas, poco rígidas, dúctiles, porosas y presentan textura cementada-laminada. Su inconveniente es la ortotropía que hace difíciles los cálculos de estabilidad y comportamiento del macizo. En las rocas sedimentarias la resistencia depende del grado de cementación y de su densidad. Ella

aumenta cuando los granos son finos; si hay disolución en la masa hay porosidad. Los planos de estratificación son zonas de debilidad.

2.2.3. Las rocas metamórficas

Se caracterizan por una resistencia medio alta, su ortotropía, tenacidad, textura entrabada y baja porosidad. Hay rigidez en el sentido paralelo y plasticidad en perpendicular, con relación a los planos de clivaje. Su ortotropía dificulta los cálculos. Las rocas metamórficas resultan elásticas por la cristalización de la masa. Son densas por el empaquetamiento. Si hay minerales laminados hay debilidad. Si hay esquistocidad hay zonas de debilidad. Los gneises son como los granitos aunque el bandeamiento les da debilidad.

2.3. Caracterización del macizo rocoso

Esta es una tarea de observación, mediciones y ensayos para obtener parámetros cuantitativos útiles al diseño ingenieril. Este proceso además se desarrolla a lo largo de todas las etapas del desarrollo del proyecto tal como menciona Duque E., (2003), desde el diseño hasta su construcción y operación. Según la fase de diseño se requiere establecer un nivel mínimo de caracterización.

El primero es con base en observaciones geológicas, el segundo nivel exige prospecciones geofísicas y el nivel final perforaciones exploratorias, medidas y ensayos geotécnicos. Los parámetros geotécnicos fundamentales son la resistencia al corte, la deformabilidad, la permeabilidad y el estado original de esfuerzos, tanto para macizos en rocas duras como en rocas blandas.

En las segundas la durabilidad de las rocas y su potencial de expansión y fluencia deben ser propiedades de primer orden. En el caso de cimentaciones los principales problemas para una estructura en roca blanda son asentamientos diferenciales, rebote,

falla a lo largo del contacto estructura-roca, las altas presiones de poros, las fugas excesivas y rara vez la falla por capacidad portante del macizo. En taludes la altura condiciona el tipo de caracterización geotécnica, como también lo hace la resistencia de la roca intacta y la geometría de las discontinuidades. Si es relevante la resistencia al corte, la deformabilidad puede tener interés por la inducción de fracturas de tensión en la corona, donde el agua introducida genera situaciones de inestabilidad que no existían (Duque E., 2003, p 257-258).

Según Duque E., (2003), Las obras más difíciles de caracterizar y modelar, son las excavaciones subterráneas. A diferencia de una estructura de concreto, el escenario estructural es aleatorio e incierto y queda escondido bajo una cubierta de suelo y material rocoso.

Entre los problemas a resolver en el diseño de túneles, que han de conducir agua a presión están el de la estabilidad de las paredes sin agua y con ella, el grosor del refuerzo, la permeabilidad del macizo y la estabilidad de las laderas exteriores vecinas en caso de presiones hidrostáticas inducidas y de fuga de agua hacia los taludes y laderas.

La caracterización apropiada de los macizos rocosos, además de ser la base para el diseño de las obras, contribuye a la optimización del método constructivo, da vía al mejoramiento del macizo (anclajes, inyecciones, drenaje) y permite la programación de observaciones durante el funcionamiento de las obras.

2.4. Discontinuidades en macizos rocosos

Las discontinuidades están presentes en la roca y afectan la resistencia, permeabilidad y durabilidad de la masa tal como menciona en su investigación realizada Duque E., (2003), es importante evaluar la geometría, naturaleza, estado y condición de las discontinuidades, porque ellas definen la fábrica estructural del macizo rocoso.

Además de su génesis, la influencia en el comportamiento del macizo, exige evaluar la génesis de los rellenos, la cantidad de agua, las cicatrices y revestimientos en las paredes por materiales solubles, la abertura, rugosidad y persistencia de las discontinuidades, y el número de familias.

2.4.1. Características de discontinuidades

- Orientación y número de discontinuidades
- Frecuencia o espaciado de las juntas (distancia entre dos discontinuidades)
- Grado de apertura o separación (abierto o cerrado)
- Extensión, persistencia, continuidad.
- Rugosidad o textura superficial (pulida, lisa o rugosa) y
- Relleno (sin o con relleno, tipo de relleno)

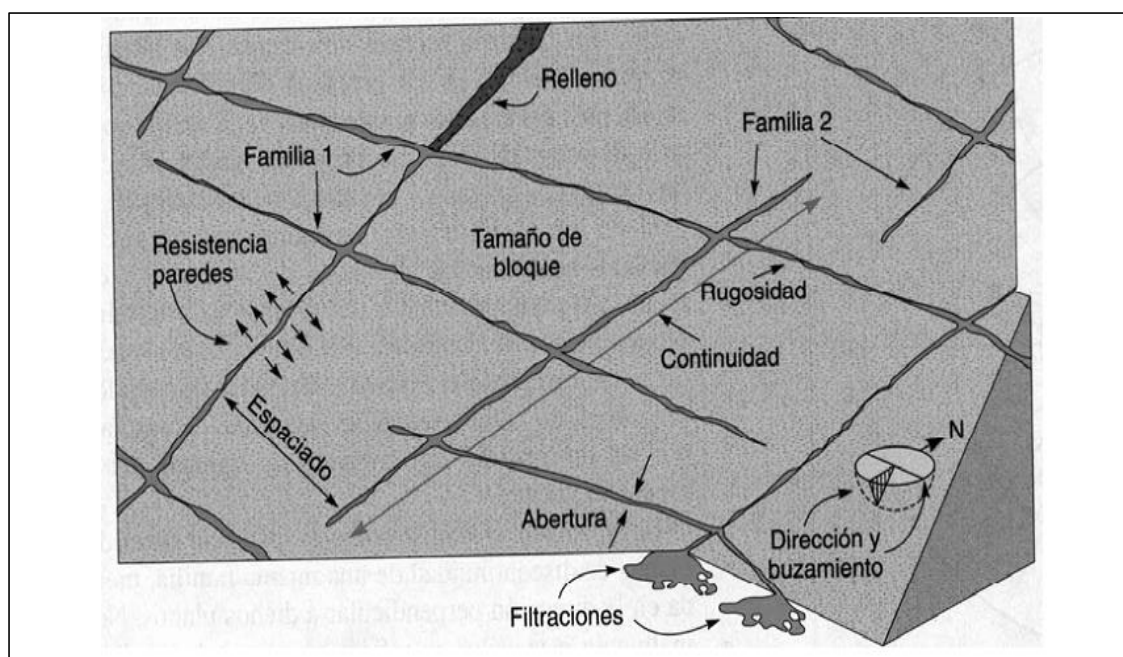


Figura 2. 1 Estructura litológica del macizo rocoso.

Fuente. Manual de geología para ingenieros (Duque G., 2003).

Las discontinuidades pueden ser de acuerdo al origen de las rocas, clase y mecanismo.

Tabla 2. 1 Tipos principales de discontinuidades

Origen	Roca	Clase	Mecanismo
Genético	Ígneas	Estructura de flujo	Contactos entre coladas de lavas sucesivas
		Estructura de retracción	Grietas de retracción por enfriamiento
	Metamórfica	Foliación	Por gradientes térmicos, de presión y anatexia
Físico – Químico	Sedimento	Estratificación	Contactos entre eventos de deposición
		Termofacturas	Ciclos de calentamiento-enfriamiento o humedecimiento-secado
	Todas	Halifracturas	Expansión de sales y arcillas en fracturas
		Gelifracturas	Ciclos de congelamiento y fusión de agua
Gravedad	Todas	Relajación	Perdida de presión de sepultura y esfuerzos de tracción
		Corte	Concentración de esfuerzos horizontales en valles
		Estructuras de placa	Bordes constructivos, pasivos y destructivos
Tectónico	Todas	Fallas	Rupturas con desplazamientos por esfuerzos de compresión, tracción y corte
		Diaclasas	Rupturas por esfuerzos tectónicos, pero sin desplazamiento de bloques
		Fracturas de pliegues	Radiales en la zona de tracción y de corte en la parte interna de la chamela
Biológico	Todas	Acción de las raíces	Penetración y crecimiento de las raíces de los arboles

Fuente.Manual de geología para ingenieros (Duque G., 2003).

2.4.2. Parámetros de las discontinuidades

Los parámetros de descripción de las discontinuidades son diez.

- **Orientación.** Es la posición espacial y se da con el rumbo y buzamiento de la superficie de discontinuidad. Es importante ver la actitud de los bloques y fracturas para efectos de estabilidad.

- **Espaciamiento.** Es la distancia perpendicular entre dos discontinuidades de una misma familia. Debe advertirse que el espaciamiento aparente, el que muestra en superficie la roca, por regla general es mayor que el real. Se utiliza el promedio.
- **Persistencia.** Es la longitud de la traza de una discontinuidad en un afloramiento (se trabaja estadísticamente y con criterios probabilísticos como el espaciamiento). Cuando hay persistencia se garantiza el flujo de agua a través de la masa.
- **Rugosidad.** Se alude a la rugosidad de la superficie y a la ondulación de la discontinuidad, pues ambos afectan la resistencia del macizo rocoso. Una alta rugosidad aumenta la resistencia a la fricción.
- **Resistencia de las paredes de la discontinuidad.** Generalmente es la resistencia a la compresión inconfiada, pues es una buena medida de la alteración de las paredes de la discontinuidad. La resistencia aumenta con la presencia de dientes de roca en la discontinuidad.
- **Abertura.** Es la distancia perpendicular entre las paredes de las distancias de las diaclasas cuando estas no tienen relleno (sólo agua o aire). Hay diaclasas cerradas.
- **Relleno.** Alude al material entre las paredes de la discontinuidad, casi siempre más blando que el macizo rocoso. Un parámetro en el material de relleno es su grado de cementación.
- **Flujo.** Agua presente en la discontinuidad que se encuentra libre o en movimiento. Se describe por el caudal y debe evaluarse si el agua brota o no con presión.
- **Número de familias presentes.** Es indicativo del grado de fracturamiento del macizo y depende de la dirección y tipo de esfuerzos.

El menor número de familias en un macizo es tres; también las familias presentan características distintivas, no solamente en dirección y espaciamiento sino también en condiciones de relleno, caudal e incluso edad y tipo de esfuerzos que la origina.

- **Tamaño de bloques.** El que se cuantifica con algunas metodologías específicas. Deben identificarse además los bloques críticos. Aquellos que tienen tamaños finitos y posibilidad de desprenderse (Bieniawski, 1989).

2.4.3. Clasificación de Bieniawski Rock Mass Rating (RMR)

Según Velandria N., *et al*, (2012), Grupo de investigación en Geología Aplicada (GIGA), de la Universidad Los Andes Facultad de Ingeniería Escuela de Geología Mérida Venezuela, mencionan:

La clasificación RMR ha sido desarrollado por Z.T.Bieniawski, (1989) constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros de diseño y de sostenimiento de túneles.

El parámetro que define la clasificación es el denominado índice RMR (Rock Mass Rating), que indica la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- R.Q.D. Grado de fracturación del macizo rocoso.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades, el cual consiste en considerar los siguientes parámetros:
 - ✓ Abertura de las caras de la discontinuidad.
 - ✓ Continuidad o persistencia de la discontinuidad.
 - ✓ Rugosidad.
 - ✓ Alteración de la discontinuidad.
 - ✓ Relleno de las discontinuidades.

- Presencia del Agua, en un macizo rocoso, el agua tiene gran influencia sobre su comportamiento, la descripción utilizada para este criterio son: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.
- Orientación de las discontinuidades.
- Para obtener el Índice RMR de Bieniawski se realiza lo siguiente:
- Se suma los 5 variables o parámetros calculados, eso da como resultado un valor índice (RMR básico).
- El parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

El valor del RMR varía entre 0 a 100

2.5. Caracterización geomecánica de macizos rocosos

La caracterización geomecánica del macizo rocoso constituye la fase inicial en todo estudio geológico - geomecánico e implica la descripción de las características particulares que intervienen en el comportamiento geomecánico frente a procesos de minado (parámetros de la roca intacta, parámetros de las discontinuidades estructurales, la hidrogeología). La caracterización de macizos rocosos se basa en las observaciones y descripciones tomadas en afloramientos y sondajes diamantinos. (González L., *et al*, 2002).

2.6. Importancia de la mecánica de rocas en la minería subterránea

El especialista en Mecánica de Rocas no puede obtener soluciones a los problemas planteados mas que a partir de modelos constituidos por elementos estructurales de comportamiento mecanico bien definido. Pero todo modelo, independientemente de que sea matematico o fisico. Supone una simplificacion y esquematizacion de la realidad.La

resolución de cualquier problema geotécnico requiere, en general, la realización de tres modelos:

- **El modelo geológico**, Compendia los caracteres litológicos, estructurales e hidrológicos del macizo rocoso.
- **El modelo geomecánico**. Resulta de completar el anterior mediante las propiedades mecánicas de las rocas y de las discontinuidades existentes en el macizo.
- **El modelo matemático**. Permite, mediante la aplicación de formulaciones matemáticas al modelo geomecánico, predecir el comportamiento de la mina. (Herrera J., *et al*, 2007).

2.7. Sistema Q de Barton

Según Velandria N. *et al*, (2012), Grupo de investigación en Geología Aplicada (GIGA), de la Universidad Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología Mérida Venezuela mencionan que el sistema Q fue desarrollado por Barton, Lien y Lunde en 1974, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite establecer sistemas de sostenimientos para túneles y cavernas. El sistema Q está basado en la evaluación numérica de seis parámetros que definen el índice Q. Este índice viene dado por la siguiente expresión. Conforme se puede observar la Clasificación de Barton *et al*, se basa en 6 parámetros:

R.Q.D : Índice de calidad de la roca.

Jn : Índice de diaclasado que indica el grado de fracturación.

Jr : Índice de que contempla la rugosidad, relleno y continuidad de las discontinuidades.

Ja : Índice de alteración de las discontinuidades.

Jw : Coeficiente reductor por la presencia de agua.

SRF : (Stress reduction factor) Coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional sobre el macizo rocoso.

- El primer coeficiente ($R.Q.D./J_n$) representa el tamaño de los Bloques.
- El segundo coeficiente (J_r/J_a) representa la resistencia al corte entre los bloques.
- El tercer y último coeficiente (J_w/SRF) representa el estado tensional del macizo rocoso.

El rango de variación de los parámetros es el siguiente:

- RQD : entre 0 y 100
- J_n : entre 0,5 y 20
- J_r : entre 0,5 y 4
- J_a : entre 0,75 y 20
- J_w : entre 0,05 y 1
- SRF : entre 0,5 y 20

2.8. Planificación minera

Plá F., *et al*, (2001), menciona que el curso de evaluación y planificación minera, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Cátedra de Laboreo de Minas. Madrid – España. Considera que antes de entrar en una clasificación de las diferentes clases de planificación que se aplicarán en las empresas, debemos tratar de definir, si es posible, el concepto mismo de planificación de una manera práctica y aplicable a los casos mineros. De diferentes autores se han escogido varias definiciones, ya que, probablemente, de la lectura de todas podremos obtener una impresión más completa que tomando como:

- La planificación será un proceso de adaptación a los inevitables cambios o ciclos.
- La planificación será anticipar el posible futuro.

- Planificación será un estilo de dirección. Será una actitud mental y laboral más que una técnica.
- Planificación será una decisión o elección previa.
- Planificación es creer y desear hacer algo que sucederá.
- Planificación será no confundir el deseo con la realidad.
- Planificar una empresa es organizarla conforme a un plan determinado.

Planificar significa, literalmente, con una documentación adecuada, se denominan proyectos.

Proyecto es un conjunto de planos y documentos que permiten realizar una acción por un equipo de personas diferentes al que la ha planificado.

Las clases de planificación que en una empresa deberán llevarse a cabo en función de las áreas en que se tendrán que tomar las decisiones, son:

- Evaluación y Planificación minera
- Planificación operativa
- Planificación administrativa
- Planificación estratégica

2.8.1. La planificación operativa

Es la que actúa sobre los factores de suministro, conversión, producción y comercialización para lograr los productos requeridos en el tiempo, lugar y precio, así como para su promoción y distribución.

Suele dividirse consecuentemente en función del tiempo (corto, medio y largo plazo), en función del espacio (áreas, niveles, secciones, zonas geográficas, etc.) o por el valor comercial (calidad, densidad económica de los productos, primarios, secundarios, etc.)

2.8.2. La planificación administrativa

Es la que relaciona las entradas (inputs) de la empresa, los famosos "M" americanos (men, materials, machines, money, management), estudiando sus necesidades y sus distribuciones relativas para lograr el óptimo producto y el equilibrio y armonía entre ellas. Plá F., *et al*, (2001), preparando los programas correspondientes de:

- Formación de personal.
- Abastecimiento o disponibilidad de materias primas.
- Selección y mantenimiento de procesos y maquinaria.
- Financiación, resultados y tesorería.
- Selección y captación de personal directivo.
- Investigación tecnológica y de mercado.

2.8.3. La planificación estratégica (Largo plazo)

Corresponde a la Alta Dirección, y actúa fundamentalmente sobre las salidas (outputs) de la empresa, esto es sobre aquellas decisiones previas que determinan la naturaleza misma y la dirección del negocio tal como menciona en sus investigaciones realizadas (Plá F., *et al*, 2001). Es decir, debe considerar no solo los grandes objetivos que definen la propia empresa, sino también los planes, la captación de los recursos y los medios para lograrlos.

No es solamente donde ir, sino también cómo ir y qué debe ser la empresa, de acuerdo con los medios realmente disponibles o factibles. Existe una muy común confusión entre la planificación estratégica y la planificación a largo plazo. Mientras que esta última es normalmente operativa, pues, proyecta las actuales operaciones hacia el futuro, como un resultado de la dimensión tiempo, en algunas ocasiones pueden

existir decisiones a corto plazo que son estratégicas a causa del impacto tan fuerte que tienen sobre la naturaleza y la dirección del negocio.

La planificación estratégica tiene que ver más con el entorno -cambio de las condiciones ambientales- en que se desarrolla la vida de la empresa, uno de los cuales es, naturalmente, el tiempo. Una decisión estratégica a corto plazo puede ser parar una mina por falta de rentabilidad en un mercado dado y en un momento determinado y otra es volver a arrancarla cuando han variado las condiciones del mercado.

2.8.4. La planificación como un sistema

El sistema representa aquí la interdependencia entre el conjunto de los objetivos que deben planificarse y las herramientas, útiles y técnicas, así como los procedimientos que son empleados.

Un sistema de planificación se refiere a el qué, el cómo, el dónde y cuándo es efectuado dentro de la organización en orden a obtener un objetivo bien realizado, (Plá F., *et al*, 2001).

2.8.5. Razones para hacer planificación en las empresas mineras

Por razones externas:

- Cambios en el medio ambiente
- Cambios en las condiciones de los negocios
- Incremento en las presiones de la competencia
- Desarrollo del mercado o de la demanda
- Cambios tecnológicos cada vez más frecuentes
- Ciclos de los productos más cortos
- Nuevas actitudes del Gobierno

- Como un cliente
- Como un factor político
- Fluctuaciones de las cotizaciones de precios y monedas.

Por causas internas:

- Aumento del tamaño de la compañía.
- Pérdida de flexibilidad.
- Necesidad de integración y control.
- Importancia de poder anticipar y resolver los problemas en avance.
- Toma de decisiones más complejas en las que unos parámetros y unas variables.
- tendrán que considerarse con vistas a un futuro diferente.
- Mayor tamaño de las inversiones y periodos más cortos de amortización.
- Mayores riesgos.
- Mayores tiempos de maduración entre la toma de decisión y el momento en que los resultados serán obtenidos.
- Dificultades de comunicación entre los niveles de mando.

2.8.6. Las técnicas de planificación

Las técnicas más importantes o procesos para efectuar la planificación minera son:

- La Dirección por objetivos
- La toma de decisiones
- Utilización del Ordenador.
- La técnica de simulación
- La optimización o mejoramiento
- El control de Proceso.
- Los sistemas expertos

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 ahí la necesidad del Planeamiento. (Cóndor J., *et al*, 2000)

2.9.1. Introducción a la planificación y control de la producción y la capacidad

La planificación y control de la producción es un conjunto de decisiones estructurales interrelacionadas con todas las áreas de la organización que buscan generar acciones y estrategias para la actividad productiva de servicios y productos a un largo, mediano, corto y muy corto plazo. (Machuca J., *et al*, 1995).

2.10. Planificación estratégica de minado

Según Brañez H., (2008), Curso de planeamiento de minado de la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Metalúrgica, en el planeamiento estratégico de minado se debe optimizar principalmente:

- Diseño de mina
- Secuencia de explotación (fases de minado)
- Ley de corte Operacional
- Capacidad de planta y tamaño de mina.

2.10.1. Diseño de mina - determinar reservas

En el diseño de plan de minado en las investigaciones realizadas por Brañez H., (2008), es necesario considerar las reservas minerales para aun plan a largo plazo:

- Definir limite final, no necesariamente el que genera mayor (VAN) Valor actual neto que genera bienestar económico.
- Definir mineral Probado más Probable
- Definir mineral Posible para usar en plan Largo Plazo

2.10.2. Secuencia de explotación - fases de minado

Las fases de minado se consideran:

- Minar sectores de bajo costo por metal, postergando a futuro los sectores de alto costo por metal
- Disminuir efecto del precio de metal en el plan
- El área operativa no debe ser excesivamente grande
- Minar mejores leyes en los primeros años
- Ratio estéril mineral bajas en los primeros años.
- Diferir inversión de capital a futuro.

2.10.3. Ley de corte operacional óptimo

Para Brañez H., (2008), la determinación de la ley de corte operacional óptimo es necesario:

- Aplicar Teoría de Lane, alimentar la planta con el mineral disponible que aporta mayor valor.
- Mejorar Plan de producción.

La ley de corte se determina con la siguiente formula:

$$lc = \frac{M}{[(P - Cf) * Rc * Rf]}$$

Dónde:

lc : Ley de corte

- M : Costos imputados a la unidad de mineral (US\$TM-mineral)
- P : Precio del metal (US\$TM-fino comercial)
- Cf : Costos imputados a la unidad de fino (US\$/TM-fino comercial)-
Deducciones
- Rc : Recuperación concentrador y
- Rf : Recuperación fundición (Ochante, 2009)

2.10.4. Capacidad de planta y minado óptimo

La capacidad de la planta de recuperación metalúrgica es sumamente importante para el tamaño de explotación por lo que es necesario considerar:

- Tamaño óptimo
- Basado en mercado y tipo de producto

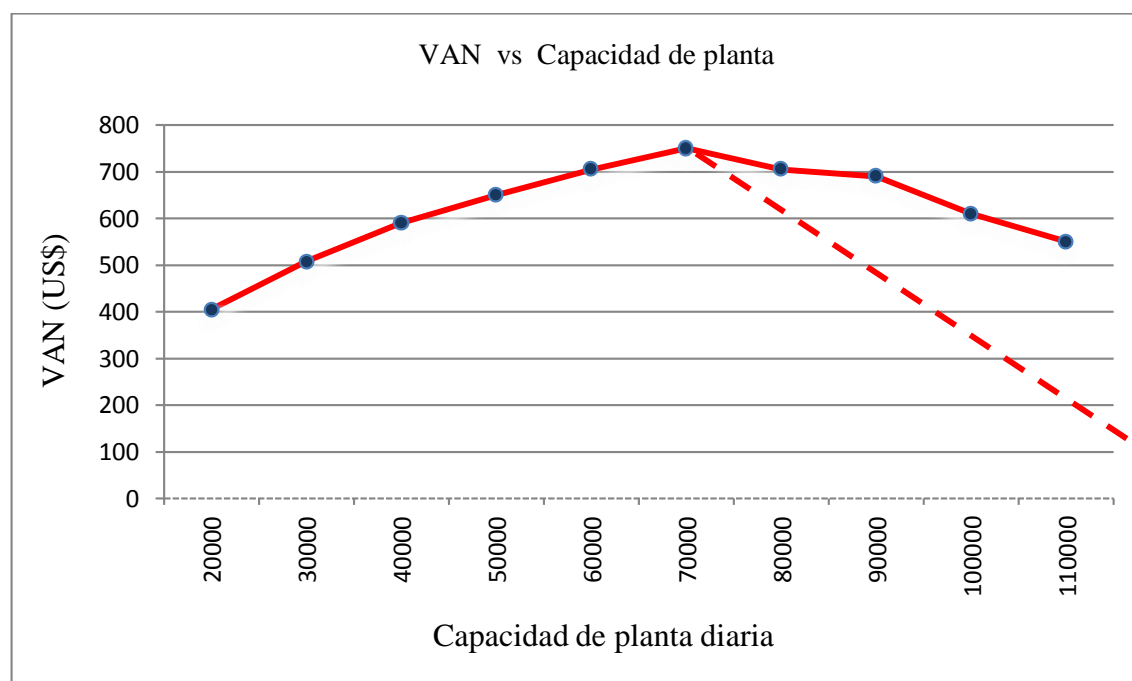


Figura 2. 2 VAN respecto a capacidad de planta

Fuente: Planeamiento de minado subterráneo y superficial (Díaz J., 2004)

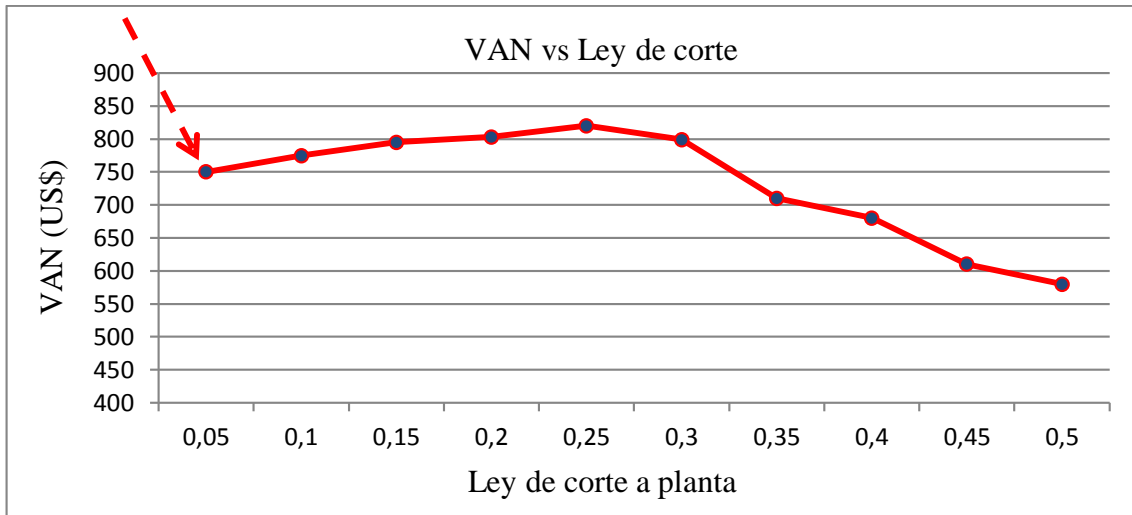


Figura 2. 3 VAN respecto a ley de corte de planta.

Fuente: Planeamiento de minado subterráneo y superficial (Díaz J., 2004)

2.10.5. Ley de corte operacional óptima

La ley de corte óptima según la propuesta de Diaz J., (2004), se puede observar en la Figura 2.4.

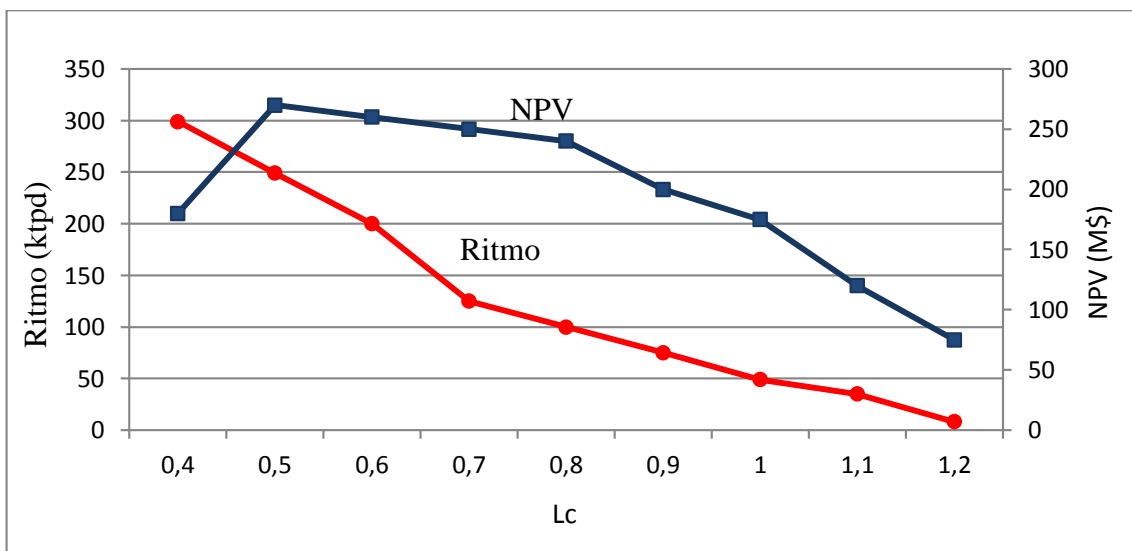


Figura 2. 4 Ley corte óptima

Fuente: Planeamiento de minado subterráneo y superficial (Díaz J., 2004)

a) Necesidad de infraestructura y equipos

- Requerimiento de equipos: selectividad y flexibilidad.

- Expansiones de pilas, botaderos, capacidad de planta.
- Costos y capital: estimación base cero.

b) Operaciones de minado óptima

- Determinar “cuello de botella” y mejora continua
- Productividad de equipos
- Dilución y recuperación de mineral
- Mineral expuesto
- Recuperación metalúrgica
- Restricciones operaciones: clima, ambientales, la organización.

c) Información general

- Yacimiento (geología, geometría)
- Exploración
- Mercado
- Transporte
- Suministros: agua y energía
- Fuerza laboral
- Concesión minera y propiedad superficial
- Consideraciones gubernamentales
- Inversionista
- Pequeño inversionista
- Gran inversionista (bolsa de valores)
- Tamaño de operación

d) Diseño de mina

- Parámetros geométricos.
- Forma del yacimiento y geotecnia.

- Parámetros económicos.
- Precio, modelo geo-metalúrgico, refinación.
- Estimación de reservas
- Tipo de yacimiento.
- Tipo de metal (es).
- Planificación.
- Mineral expuesto.
- Optimización cut off.
- Botaderos, pila lixiviación y/o relavera.

e) Selección de equipos

- Tecnología
- Distancia de acarreo estimación de costos y capital
- Estudio impacto ambiental
- Plan de cierre
- Benchmarking evaluación
- Etapas de madurez
- Tamaño optimo
- Riesgo

2.10.6. Planeamiento de minado y estrategia operativa en empresas mineros

Para Mercado J., (2004), el curso de planeamiento de minado y estrategia operativa en empresas mineras. Colegio de ingenieros del Perú capítulo de minas consejo departamental de Lima en un planeamiento de minado se consideran los objetivos:

- Asegurar la cantidad y calidad del producto final
- Permitir la recuperación las inversiones

- Asegurar una rentabilidad mínima
- Cumplir los compromisos de la empresa con terceros
 - Financieros
 - Tributarios
 - Ambientales
 - Sociales

Para cumplir los objetivos indicados se considera:

- Tener una estrategia,
- Planear las operaciones
- Ejecutarlas y
- Controlarlas

Estrategias. Son los criterios que usaremos en la planificación.

Planificación. Es la programación de una serie de actividades para lograr el objetivo, tal como menciona en sus investigaciones realizadas Díaz J., (2004), el planeamiento se realiza para:

- El largo: hasta el fin de la mina
- Mediano: próximos años
- Corto plazo: un día hasta un año.

Ejecución. Es la materialización de nuestras actividades.

Control. Es la verificación de lo ejecutado

Para el planeamiento se requiere definir el tamaño del proyecto, es la cantidad de mineral, producto final ó contenido fino que produce nuestra unidad, el largo plazo está determinado por:

- La cantidad de reservas que tiene nuestro yacimiento.
- La capacidad de mercado

- La capacidad financiera de la empresa

Ley de corte. La ley de corte es el parámetro más importante de una operación minera, el mismo nos permite diferenciar la “mena” (ore) del “desmonte” (waste”, la mena es la especie mineralógica (mineral) o especie mineralógicas cuyo valor es igual o mayor que los costos en que incurrimos para poderla vender.

2.10.7. Planeamiento de minado y reservas minables

Según Díaz J., (2004), Curso planeamiento de minado subterráneo y superficial Colegio de Ingenieros del Perú Capitulo de Minas, Consejo departamental de Lima respecto a la cubicación de reservas minables menciona:

- Topografía e hidrología.
- Descripción geológica y geotécnica.
- Datos taladros de perforación.
- Consideraciones de minado.
- Cubicación de reservas.

Cubicación de reservas: En la determinación de las reservas minerales las perforaciones diamantinas constituyen fuentes de información conforme se profundizan y que estén en mallas específicas preestablecidas.

Datos de taladros de perforación. En los taladros diamantinos se consideran:

- Creación del modelo block
- Datos necesarios para el modelo
- Coordenadas X, Y, Z.
- Ensayes
- Datos de compósitos de ensayos
- Archivo de cotas de superficie de datos DH

2.10.8. Definición del tamaño de la operación

Para Díaz J., (2004), En el tamaño de la operación minera se considera:

- Estimado provisional de reservas minables
- Determinación tentativa de la capacidad de planta
- Designación del equipo de desbroce y excavación:
- Desbroce de pre producción
- Etapa de explotación

Relación crítica de desbroce: La relación crítica de desbroce.

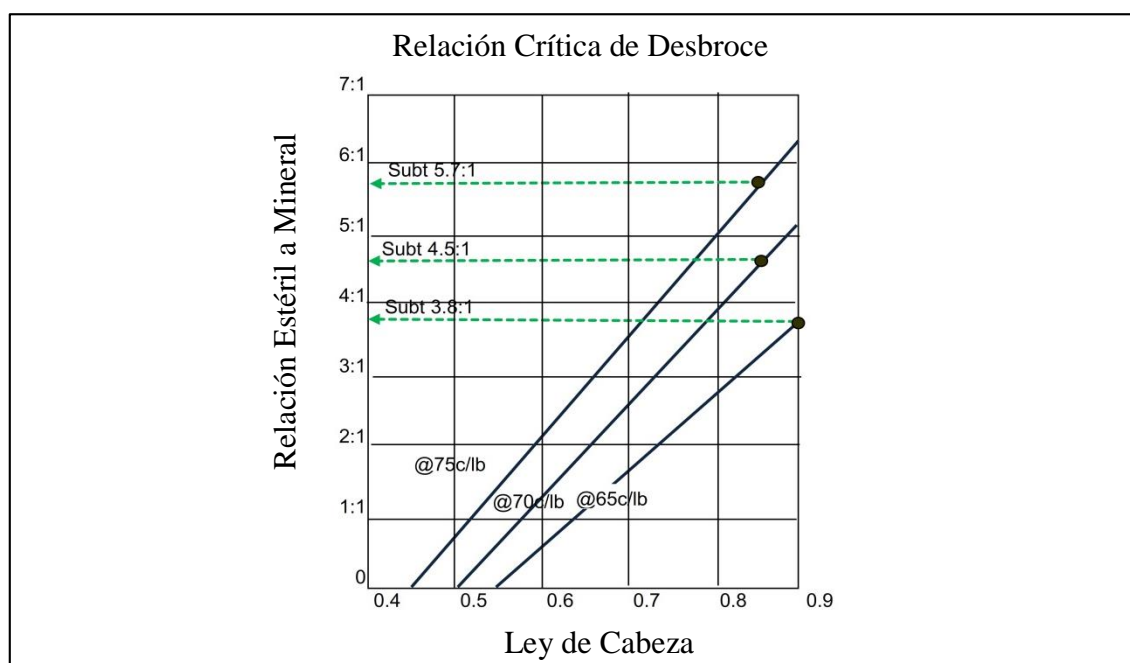


Figura 2. 5 Relación crítica de desbroce.

Fuente: Planeamiento de minado subterráneo y superficial (Díaz J., 2004).

2.10.9. Estimación de inversión para métodos seleccionados de explotación

Según Díaz J., (2004) curso planeamiento de minado subterráneo y superficial Colegio de Ingenieros del Perú Consejo departamental de Lima, el resumen de inversiones de capital para métodos de explotación se observa en Tabla 2.2, los cuales

pueden variar de acuerdo al método de explotación propuestas y sus modificatorias en el proceso de iniciación de la operación minera.

Tabla 2. 2 Estimado de inversión en diferentes métodos de explotación minera.

Método de minado y capacidad TM/día	Costo de Planta en US\$	Costo de Planta por Tonelada de Capacidad diaria	Capital de Trabajo US\$	Opción de Arrendam. Exploración y Desarrollo US\$	Inversión Total US\$
Corte y Relleno 6,000 TPD	30'058,090	5019	9'247,930	34'867,950	74'173,970
Cámaras y pilares 25,000 TPD	36'603,670	1464	19'924,870	31'447,602	87'976,142
Hundimiento en Block 30,000 TPD	58'517,542	1952	15'389,032	72'008,364	146'114,928
O.P. 30,000 TPD 8,000	75'000,000	9375	6'321,142	7'570,289	88'891,388

Fuente: Planeamiento de minado subterráneo y superficial (Díaz J., 2004)

2.11. Planeamiento de minado subterráneo

Díaz J., (2004) indica que la aplicación de los métodos, sujeto a las variables del yacimiento como ley del mineral, condiciones geotécnicas, reservas minables, diseño del método, etc.

Planear consiste en preparar alternativas de minado más económico, en función a los programas de desarrollo y preparación, asignando los recursos necesarios de acuerdo al plan de producción programada e informaciones necesarias como:

2.11.1. Información técnica preliminar

La información necesaria para realizar un planeamiento adecuado que debe contar cualquier yacimiento a explotar son los siguientes parámetros principales.

- Condiciones geológicas del yacimiento

- Geometría del yacimiento y distribución de leyes
- Características geotécnicas del yacimiento
- Evaluación económica en base a los precios de minerales y costos de producción
- Ritmo de producción
- Recursos necesarias, etc.

2.11.2. Información geológica mineralógica

Se refiere a:

- Longitud, potencia y buzamiento de la veta o cuerpo mineralizado, acortamiento o ensanchamiento de la zona mineralizada.
- Relación de desmonte/mineral.
- Estimar la contribución (reservas) en áreas mineralizadas.
- Presencia de zonas de alteración en áreas mineralizadas y desmonte.

2.11.3. Información estructural

Se refiere a las características geomecánicas del macizo rocoso y de mineral:

- La profundidad de encampane (cobertura) rasgos estructurales con relación a la zona mineralizada y al desarrollo propuesto de la mina.
- Estructura de la roca madre (techo, piso, paredes), incluyendo porosidad y permeabilidad, calidad de la roca encajonante de la zona mineralizada a ser minable.

2.11.4. Información económica

- Reservas probadas en TM, con ley en las zonas a ser minado, incluyendo las reservas probables e inferidas.

- Localización de la mina con respecto a los accesos existentes.
- Grado de estabilidad de la política tributaria y legal.
- Condiciones de mercadeo y el precio del metal.
- Ley de mineral requerido y su recuperación, metalúrgica
- Capacidad de la producción de la mina. (Cóndor J., *et al*, 2000).

2.12. 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 ambiente. (Cóndor J., *et al*, 2000).

2.12.1. Planeamiento de labores de preparación

Según Caro M., *et al*, (2012), Asignatura de Planificación de labores de preparación, aplicado a un bloque mineralizado, mediante shrinkage stoping, de la Universidad de La Serena, Facultad de Ingeniería, Departamento de Minas, La Serena-Chile, La planificación minera es la disciplina de la Ingeniería de minas que se encarga de diseñar la mejor estrategia productiva en función de los recursos minerales existentes

y las estrategias de negocios establecidas por la compañía minera. Esta estrategia productiva define los métodos de extracción, mineros y metalúrgicos y las cuotas de minerales a comercializar en el tiempo, resumidas en un programa de producción minero. El programa de producción minero es un documento bancable que permite analizar financieramente la factibilidad de un emprendimiento, desarrollo u optimización de un proyecto minero. En donde se considera necesario la caracterización de la excavación, tal como se observa en la Tabla 2.3.

Tabla 2. 3 Caracterización de excavación

Caracterización de excavación			
01	Labor	Subnivel de acceso	
02	Abreviatura	SNA	
03	Alto diseño	5	Metros
04	Ancho diseño	4,5	Metros
05	Area frente	20,7	m ²
06	Perímetro de sección	13,195	Metros

Fuente. Caro M., *et al*, (2012). Planificación de labores mineras

En el proyecto se llevarán a cabo las actividades de desarrollo de subnivel de acceso y de perforación, además de las estocadas y troyas respectivas. Se incluye también desarrollo de caras libres. Respecto a la planificación y control consideran los autores en el sentido de que dos grandes funciones de la administración corresponden a la Planificación y el Control y no existiese una sin la otra.

Hoy en día la planificación es una de las estrategias de más bajo costo y de mayor beneficio utilizada en empresas considerando factores externos como la variabilidad de precios en el mercado, abastecimiento de insumos, etc. es por eso que se debe realizar un programa acorde con las actividades a realizar de tal forma de facilitar su desarrollo y control, permitiendo tomar decisiones de forma rápida, asertiva y de bajo costo de las actividades que se requieren para la preparación de un bloque mineralizado son:

Tabla 2. 4 Actividades de preparación de un bloque mineralizado

Actividades	
01	Perforación de avance
02	Voladura
03	ventilación
04	Perforación de fortificación
05	Fortificación: pernos
06	Fortificación: malla
07	Fortificación: shotcrete 10 cm
08	Fortificación: shotcrete 5 cm
09	Carguío y transporte
10	Preparación de frente
11	Fortificación: shotcrete 10 cm
12	Fortificación: shotcrete 5 cm

Fuente. Caro M., *et al*, (2012). Planificación de labores mineras

2.12.2. Control en ejecución del proyecto

Este es uno de los aspectos fundamentales durante la ejecución del proyecto, al administrador de la obra de desarrollo y preparación de unidad de explotación deberá estar al tanto de todo lo que esté sucediendo con el avance de las etapas a ejecutar, deberá saber los problemas que se susciten.

Así poder entregar soluciones oportunas ya sea por tema de recursos disponibles por la empresa, rendimiento de maquinarias que se están contratando, saber en qué actividades se está teniendo un saldo positivo y en cuales negativo, etc.

En general los controles se deben orientar a:

- Tiempos y plazos
- Control de avance presupuestario
- Control de avance físico
- Control financiero
- Control de mano de obra
- Control de materiales

- Control maquinarias y equipos (arrendados)
- Control de gastos reales de la obra

La realización de la planificación de un proyecto minero cobra una gran relevancia desde el punto de vista profesional ya que se abarca de forma real la duración que se requiere para ejecutar las obras y cumplir con los plazos proyectados.

Así también lo importante que es llevar detallado el presupuesto de la empresa desglosando las partidas como los costos directos e indirectos y estos poder optimizarlos conjuntamente con la duración del proyecto.

2.13. 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.

2.13.1. Optimización de la producción

Para maximizar el desempeño y la contribución de los activos operacionales en los resultados finales, las organizaciones necesitan moverse más allá de los enfoques operativos tradicionales y adoptar nuevos métodos y tecnologías que permitan obtener el más alto rendimiento de producción posible al más bajo costo posible, mientras operan de forma segura y consciente del medio ambiente.

2.13.2. Cámaras y pilares

Es probablemente el método más viejo de la minería subterránea, se caracteriza por: los pilares son conformados y dimensionados irregularmente, que puede requerir poco o ninguna planificación, las cámaras vacías y pilares normalmente permanecen durante toda la vida de la mina. Sin embargo, la mayoría de minas especifican dimensiones mínimas del pilar para el soporte de sobrecarga. Es aplicable hasta de 35° de inclinación, por debajo de este ángulo el mineral no fluirá bajo la influencia de la gravedad, esta es la diferencia principal entre stope and pillar y los otros métodos subterráneos. Finalmente son conocidos como un método de gran escala en términos de la producción total y son muy versátiles y lo suficientemente flexibles como para responsabilizarse por una gran variedad de requisitos de producción (Hartman H., *et al.* 2002).

2.13.3. Proceso productivo

El proceso de producción de una empresa minera se basa en la extracción, procesamiento y suministro de los minerales a nivel nacional e internacional.

El mismo puede verse de forma esquemática en la figura presentada más adelante y es explicado con detalles a continuación.

- Minería
- Exploración
- Perforación
- Voladura
- Acarreo
- Control de Operaciones
- Procesamiento del Mineral.

2.14. El plan de labores mineros

Puede y debe ser desglosado en periodos trimestrales y mensuales. Debe corresponder a la parte anual del proyecto de explotación a largo plazo o de la vida de la mina y se descompone, además de temporalmente, en una serie de programas específicos de actuación, junto a la necesidad de informar oficialmente de resultados de las operaciones del ejercicio anterior tanto en extracciones como en personal, inversiones, seguridad y costos. (Ortiz F., *et al*, 2001).

2.15. Estudio de planes de labores anuales

En las clases prácticas del Profesor Herrera se contemplan tres casos muy diferentes de Planes de labores mineros como son: Una cantera de piedra caliza para la producción de áridos y piedra machacada en la que se aplica el programa oficial de la Comunidad de Madrid denominado PLECAM V, y que ha desarrollado la Cátedra de Proyectos de la Escuela de Minas de Madrid.

2.16. Control de leyes del mineral

Al pasar de la preparación o desarrollo de la operación minera a la etapa de producción de mineral. Aparece uno de los problemas más importantes de la moderna minería, como el control de la calidad del mineral a extraer y que su calidad sea mantenida homogénea a lo largo de todas horas, días y años de mina, que cada vez más, requiere una constancia en la calidad del mineral o roca que va ser tratado para lograr una concentración regular y una recuperación máxima del contenido recuperable del mineral suministrado por la mina, junto a una eliminación de los elementos indeseables que pueda contener el mineral. (Ortiz F., *et al*. 2001).

2.17. El proceso del análisis de toma de decisiones

La premisa básica es: El proceso de tomar una decisión debe ser dividido en un número de pasos consecutivos para su más riguroso análisis. Estos pasos normalmente deben ser:

- Establecer los objetivos.
- Clasificar los objetivos de acuerdo a su importancia, (priorización).
- Establecer las alternativas entre las que elegir.
- Evaluar las alternativas contra los objetivos.
- Elegir la alternativa menos mala como una decisión tentativa.
- Valorar las consecuencias adversas que pueda crear la decisión tentativa.
- Tomar la decisión final.
- En general para un Ingeniero, que debe aplicar la lógica y el orden, los problemas no deben constituir disculpas, sino la necesidad de búsqueda de soluciones y en la minería moderna el mayor problema suele estar en tener que elegir la solución menos mala entre las muchas alternativas existentes.

2.17.1. La toma de decisiones

Básicamente se puede decir que se planifica para tomar decisiones. La sustitución del método, más o menos intuitivo, de la Dirección por experiencia, que podrá ser calificado como un arte, por una técnica de Dirección basada en cálculos y valoraciones, ha permitido el avance, tanto en tiempo como en calidad, de las técnicas más jóvenes de Dirección por objetivos, anteriormente enunciadas. La Planificación y obtención de los objetivos básicos de la compañía, tales como:

- Supervivencia.
- Rentabilidad.

- Volumen y crecimiento.
- Control de costes de operación.
- Actualización financiera (DCF).
- Satisfacción del cliente (Estudio de Mercados).
- Medición de capacidad de la dirección (Desarrollo de los ejecutivos).
- Relaciones Industriales (Encuestas y estadísticas).
- Control de calidad de los productos más acabados. (Mayor valor añadido)

Esto hace precisa la utilización de nuevos procesos estadísticos y matemáticos que permiten medir los resultados de esos objetivos, algunos de ellos considerados como no mensurables, y por el gran número de variables envueltas en el proceso, que pueden ser intangibles, tales como la belleza, la moda, la supervivencia.

2.17.2. Clases de decisiones

Tres clases de decisiones podrán ser tomadas para actuar:

- **Decisión correctora:** La que actúa directamente sobre las causas del problema.
- **Decisión circunstancial:** La que actúa sobre los efectos para continuar obteniendo el objetivo principal.
- **Decisión de adaptación:** La que minimiza calculadamente los efectos y permite vivir con el problema, al menos durante un cierto tiempo. Un sencillo ejemplo minero aclara mejor las diferentes clases de decisiones que se tienen que tomar en la operación minera y muy especialmente en el mantenimiento de la maquinaria; Un volquete minero está consumiendo aceite porque tiene un cierto desgaste en los segmentos. Tal situación podrá dar lugar a tres tipos de decisiones: Correctora: Sustituir los segmentos viejos por unos nuevos.

2.17.3. Actuando sobre la causa

Circunstancial: Reponer y vigilar el aceite con mayor frecuencia y seguir viajando.

2.17.4. Actuando sobre el efecto

Adaptación: Utilizar un aceite más barato hasta que surjan otros problemas y se tenga que realizar una reparación general del motor o se vaya a cambiar el volquete.

Se está actuando sobre las circunstancias de tiempo o espacio. Se está viviendo con el problema. De la misma manera en la mina son frecuentes las situaciones en las que tener que tomar una decisión entre las varias posibles, que actúa sobre las causas, o sobre los efectos o se adapta a las circunstancias, sabiendo convivir con el mismo problema. Típicos son los casos de estabilidad de taludes o de techo, en que muchas veces es muy difícil o caro actuar sobre las verdaderas causas del problema y por ello se adoptan unas decisiones de convivencia temporal en tanto dure la explotación de la zona objeto de las tensiones.

2.17.5. Utilización del ordenador en la planificación y en la toma de decisiones

Por ser objeto de otras asignaturas, tan sólo se trata de exponer aquellas técnicas de la planificación más usuales por los mineros y directivos mediante el empleo de la informática para la toma de decisiones y la realización de una planificación operativa en las explotaciones mineras.

2.17.6. La técnica de simulación

La técnica de simulación, también llamada Investigación operativa, es un método científico que consiste en inducir de unos hechos conocidos un cierto número de

hipótesis, cuyas consecuencias se confrontan seguidamente con los resultados de las observaciones. (Profesor Lesourne).

Las cuatro secciones que deben examinar sucesivamente los hechos objetos de la investigación son:

- Análisis de los hechos o datos.
- Construcción del modelo.
- Control de las hipótesis.
- Crítica y presentación de las conclusiones.

En el caso de los proyectos mineros se parte, generalmente, del establecimiento de una serie de modelos de programas mineros con una igual producción final, y actuando sobre las distintas combinaciones de áreas, bloques, niveles, cámaras o zonas diferentes, con unos beneficios u otros criterios diversos, se miden los resultados en cada alternativa para elegir la menos mala tras las comparaciones con los objetivos básicos. El objetivo en esta fase debe ser "*To do the right things*", "hacer las cosas buenas".

2.17.7. La optimización o mejoramiento

De un plan operativo, ya elegido, quizás por la técnica de simulación anterior, se establecen nuevas variaciones de los sub objetivos y se valoran las mejoras obtenidas para intentar continuar por el camino óptimo, de acuerdo con la medida de algún parámetro como el mínimo coste, la rentabilidad del proyecto o el aumento de las reservas y por tanto de la vida de la mina.

2.17.8. El control de proceso y sistemas expertos

Se trata de una moderna técnica operativa en tiempo real, que permite la actuación correctora y la toma de decisiones mecanizada y automáticamente por disponer de una información "directa" de las salidas y entradas del sistema, que constituyen el proceso

operativo de la empresa o del proceso, una autocorrección por unas aproximaciones sucesivas de tanteo y corrección. Es la aplicación en corto tiempo, quizás segundos, del conocido principio del "Trial and Error" o proceso del perro y su amo.

Aunque ya se esté utilizando con gran éxito en las plantas de beneficio, está siendo introducida en la propia explotación de aquellos yacimientos en los que es posible la automatización y mecanización, como en los casos del método "*Longwall*" en la minería de interior o en el método alemán de transferencia por rotopalas y cintas o en la explotación de fluidos por sondeos, así como en la mecanización de muchos de los servicios mineros como en la extracción por pozo o cinta, en el desagüe y en la automatización de la ventilación.

2.18. Marco conceptual

2.18.1. Planeamiento de minado subterráneo

Es la aplicación de los métodos, sujeto a las variables del yacimiento como ley del mineral, condiciones geotécnicas, reservas minables, diseño del método, etc. Planear consiste en preparar alternativas de minado más económico, en función a los programas de desarrollo y preparación, asignando los recursos necesarios de acuerdo al plan de producción programada. (Cóndor J., *et al.* 2000).

2.18.2. Labores subterráneas

Las labores subterráneas que se construyen con fines de exploración; si las condiciones del proyecto de investigación se considera para determinar el comportamiento de la matriz rocosa y para determinar zonas con frecuencia de fallas con finalidades de colocar algunos cuadros de madera para su mejora continua de una galería sin imperfectos que no pueda ocasionar incidencias de magnitud. Muchas de las

labores subterráneas, son galerías de desarrollo en las operaciones mineras en las que se utilizan como acceso principal y de acarreo y transporte de minerales y desmonte, extraídos de los tajos, frentes piques en una mina subterránea. (Hoek, E., 1985).

2.18.3. Mejorar

Mejorar un proceso, significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso. (Harrington H., 1993).

2.18.4. Mejora continua

Define el mejoramiento como una conversión en el mecanismo viable y accesible al que las empresas de los países en vías de desarrollo cierran la brecha tecnológica que mantienen con respecto al mundo desarrollado. Curso Reingeniería en las Empresas de Servicio. (1994). Copyright Fadi Kabboul. IESA.

2.18.5. Optimización

Optimizar quiere decir buscar mejores resultados, más eficacia o mayor eficiencia en el desempeño de alguna tarea. De allí que términos sinónimos sean mejorar, optimar o perfeccionar. Mientras que antónimos serían desmejorar o empeorar. Se dice que se ha optimizado algo (una actividad, un método, un proceso, un sistema, etc.) cuando se han efectuado modificaciones en la fórmula usual de proceder y se han obtenido resultados que están por encima de lo regular o lo esperado.

2.18.6. Planificación y control de producción

El planeamiento y control de la producción, es la actividad que permite coordinar y conducir todas las operaciones de un proceso productivo, con el objetivo de cumplir con

los compromisos asumidos, con los clientes de la empresa. Un Sistema PCP permite administrar eficientemente el abastecimiento de materiales y la coordinación con los proveedores, la programación y lanzamiento de la fabricación, el manejo del personal y la utilización de la capacidad instalada, el manejo y control de los inventarios de materias primas y productos terminados, y suministra además la información necesaria para poder coordinar las necesidades de los clientes de la empresa.

2.18.7. Productividad

También conocida como eficiencia puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. Por ello, el sistema de gestión de la calidad de la empresa trata de aumentar la productividad.

2.19. Formulación de la hipótesis

2.19.1. Hipótesis general

La determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de las operaciones unitarias nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

2.19.2. Hipótesis específica

- a) La determinación de la calidad del macizo rocoso nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.
- b) La evaluación de las operaciones unitarias nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la investigación

El tipo de investigación es descriptivo del presente estudio.

3.2. Nivel de investigación

Es descriptiva porque describe las características del macizo rocoso, en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Se describen frecuencias, promedios medidas de tendencia central, con intervalos de confianza. Es explicativo, porque explica el comportamiento de una variable en función de otra por ser estudios de causa-efecto requieren control y debe cumplir otros criterios de causalidad.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Parámetros geomecánicos y de operaciones unitarias de Contrata Minera Wilsander de Mina Ana María de la Corporación Minera Ananea S.A.

3.3.2. Muestra

Considerando que las características de cada discontinuidad son influyentes en forma directa en la calidad del macizo rocoso la muestra es considerado igual a la población el mismo criterio es considerado en operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales en labores subterránea de la Contrata Minea Wilsander.

3.3.3. Muestreo

El muestreo es una herramienta de la investigación científica cuya función específica es; que parte de una realidad en estudio es decir de la población debe realizarse con el objetivo de hacer inferencias sobre dicha población. Para el cálculo del tamaño de la muestra con población desconocida.

La fórmula es:

$$n = \frac{(Z^2 c)(P)(Q)}{D^2}$$

Dónde:

Z : Nivel de confianza

P : Probabilidad de éxito

Q : Probabilidad de fracaso (Q=1-P)

D : Precisión (Error máximo permisible en términos de proporción)

3.4. Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se observa en Tabla 3.1. Como también se muestra en el Anexo 01.

Tabla 3. 1 Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Indicadores	Items.	Herramientas	
1. Variable independiente: Mejoramiento del plan de minado mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de operaciones unitarias en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.	Caracterización de roca intacta.	Propiedades físicas.	Densidad, Porosidad. Peso Resistencia	Laboratorio	
		Propiedades mecánicas.	compresiva uniaxial. Carga puntual.	Laboratorio	
		Dominio estructural	Mapeo geomecánico.	Software.	
	Caracterización del macizo rocoso.	Evaluación de RMR de Bieniawski 1989.	de	Cuantificación de RMR y diseño de soporte.	Ábacos
			de	Correlación de RMR de Bieniawski y Q de Barton.	Ábacos
		Plan de minado actual(técnicas y métodos de trabajo)	Perforación	Taladros	Pies perforados
	Voladura		Explosivos manual	dinamita	
	Carguío		Carro minero	Lampas	
	Transporte		Carro minero	TM	
	Plan de minado mejorado	Sostenimiento	Activo/pasivo	Split set	
Perforación		Taladros	Metros perf.		
Voladura		Explosivos manual	dinamita		
Carguío		Carro minero	Lampas		
2. Variable dependiente. Optimización de la producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.	Minerales auríferos	Volumen			
		Densidad	TM.	TM/día	

3.5. Diseño de la investigación

En el presente trabajo de investigación se han realizado varias etapas desde la consolidación de la información respecto a la carencia de un plan de minado adecuado,

operaciones unitarias no definidas y precisadas en el marco del proceso de formalización, con el mejoramiento de los métodos y técnicas de trabajo sin plan de minado adecuado conducen a una producción baja en la obtención de minerales auríferos, estas técnicas y métodos de trabajo requieren ser precisadas en las operaciones unitarias para lograr los resultados óptimos en la producción, en la parte de geomecánica se ha partido de la evaluación de la litología estructural del macizo rocoso para determinar la calidad y se ha determinado las características de la sección y la fortificación requerida para evitar desprendimiento de rocas del techo de la excavación, las operaciones unitarias más importantes en la explotación minera actual.

3.6. Metodología del trabajo

En el presente trabajo de investigación se ha considerado cuatro etapas que son:

3.6.1. La primera etapa del proyecto - recolección de la información

Consta de una recolección de información, durante esta etapa, se recogen información topográfica del área en estudio, información geológica y geomecánica del yacimiento, en esta etapa se ha determinado las propiedades físicas y mecánicas de la roca intacta y macizo rocoso es decir fundamentalmente la resistencia compresiva uniaxial de la roca intacta en laboratorio.

3.6.2. La segunda etapa - pos proceso

Es la evaluación de la información geomecánica. Luego, se podrá proponer un plan de minado subterráneo a ejecutarse en la Contrata Minera Wilsander y los trabajos de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte a realizarse durante la etapa de explotación.

Dominios geomecánicos - modelo geomecánico. Para la generación de un modelo geomecánico resulta fundamental una adecuada caracterización geológica geotécnica del sector de interés y su entorno. El mencionado modelo debe facilitar la gestión de información de cada componente y contener una base de datos eficiente que permita la incorporación de nueva información. El modelo debe ser actualizado de acuerdo a la etapa en la que se desarrolla el proyecto (conceptual, pre factibilidad, factibilidad, operación, etc.). Típicamente el modelo geomecánico se conforma de dominios geomecánicos y propiedades asociadas que incluye: Distribución de los materiales, Anisotropía estructural, Parámetros de resistencia y Factores hidrogeológicos. (Read, 2009).

La construcción de un modelo geomecánico es la base fundamental dentro del proceso de diseño de labores subterráneas (alternativas de métodos de minado, requerimientos de sostenimiento, dimensionamiento de excavaciones, etc.), dado que reúne en un solo concepto todos los aspectos geomecánicos que intervienen en describir el entorno donde se pretende realizar el diseño de una labor o estructura subterránea, (OSINERMIN, 2010). Se obtiene a partir de cinco componentes:

- Modelo geológico
- Modelo estructural
- Modelo de macizo rocoso
- Modelo hidrogeológico
- Modelo de esfuerzos

Modelo geológico. El modelo geológico debe representar la distribución de los materiales involucrados en el desarrollo de las labores mineras. Los tipos de material no deben estar limitados sólo a la litología, sino también al grado y tipo de alteración y/o a algún otro parámetro geológico que pueda modificar significativamente las propiedades

del macizo rocoso, esta modificación no solo podría ser en forma positiva (e.g. silicificación), sino también de manera negativa (e.g. argilización).

También, es importante identificar las características geológicas, morfológicas y la génesis de la mineralización. El modelo geológico debe estar enfocado en la geología global del yacimiento incluyendo la roca encajonante (caja techo y caja piso) y la estructura mineralizada (vetas o cuerpos mineralizados).

Modelo estructural. Un típico modelo estructural debe ser desarrollado en dos niveles:

- Estructuras mayores e intermedias (pliegues, fallas a escala de mina, etc.).
- Estructuras menores (juntas, diaclasas, fallas a escala local).

Según OSINERMIN, (2010), La diferenciación de estructuras está relacionada principalmente con la continuidad de las mismas, sus características y el impacto resultante en la estabilidad de las labores mineras.

Las fallas mayores probablemente serán más continuas, aunque pueden ser relativamente espaciadas y en la mayoría de los casos están constituidas de material alterado y deleznable, que puede influir significativamente en la estabilidad de las labores.

Por otra parte, las estructuras menores poseen continuidad limitada pero muy poco espaciadas y también impactan en la estabilidad de las labores mineras según su orientación espacial en la que se encuentran respecto al avance de las labores mineras (formación de cuñas y bloques, caída por gravedad y deslizamiento).

Modelo de macizo rocoso. Un modelo de macizo rocoso debe estar conformado por los siguientes análisis:

- Propiedades de la roca intacta
- Índice RQD

- Clasificación Geomecánica (RMR, Q, etc.)
- Resistencia de las estructuras menores y mayores
- Propiedades de resistencia del macizo rocoso

Este modelo debe determinar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso a ser usadas en el análisis de estabilidad y diseño de las labores subterráneas, para cada etapa del desarrollo del proyecto, incluyendo las propiedades de resistencia de la roca intacta, estructuras y macizo rocoso (OSINERMIN, 2010).

3.6.3. La tercera etapa – evaluación y mejoramiento de plan de minado

- Evaluación del plan de minado actual y operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales.
- Determinación de la calidad de macizo rocoso.
- Mejoramiento del planeamiento de minado y operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales.

3.6.4. La cuarta etapa – optimización de producción

Optimización de producción de minerales auríferos en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

3.7. Según la finalidad

Es investigación descriptiva por tener como finalidad primordial la solución de los problemas prácticos en el área de operaciones mina.

El presente trabajo de investigación está orientado a lograr nuevos conocimientos destinados a procurar a dar soluciones de problemas prácticos

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos principales que se utilizan en la recopilación de datos, cualquiera sea la modalidad investigativa o paradigma que se adopte, son los siguientes:

- Observación, Recopilación o investigación documental.
- Planos, Libreta de campo.
- Instrumentos de medición.
- Software especializado.
- Equipos de laboratorio de mecánica de rocas.

La observación es uno de los problemas más complejos y más difíciles de resolver, es sin lugar a dudas el registro de las observaciones y el registro de detalle, frente al cual existen posiciones muy encontradas sin embargo existen propuestas muy prácticas como es el caso de registro lineal en geomecánica que es uso muy común en las empresas mineras en operación, se han sugerido las técnicas y los métodos más dispares para alcanzar un “óptimo registro” de las observaciones, los cuales van desde rígidos protocolos utilizados en los experimentos y en las observaciones de litología estructural del macizo rocoso, hasta las modalidades más libres y asistemáticas, teniendo presente las características geoestructurales es necesario tomar las propuestas que más adecuan a la realidad.

CAPÍTULO IV

ASPECTOS GENERALES DE OPERACIÓN MINERA

4.1. Contrata Minera Wilsander

El macizo rocoso en la zona del yacimiento mineral es principalmente las pizarras del paleozoico, que se entiende en toda el área circundante en la zona de operaciones mineras con discontinuidades persistentes fácilmente identificables para la descripción litológica estructural en el yacimiento aurífero Ana María I.

La Contrata Minera Wilsander viene trabajando hace 21 años dedicados a la extracción de minerales metalíferos no ferrosos (Oro), y está representado por el operador minero Alejandro Flores Condori (Gerente General).

Es una Empresa Contrata Minera que desarrolla actividades de minería convencional, los cuales se desarrollan en el yacimiento aurífero Ana María I, en el Centro Poblado la Rinconada del Distrito de Ananea, Provincia de Putina, Departamento de Puno como se muestra en el Plano 01.

El método de explotación que se aplica para la extracción del metal (Oro), es el método de cámaras y pilares. Empleando máquinas perforadoras modelo seco 250S con una longitud de barreno de 4 pies, y broca de 38 mm. El tipo de corte que se aplica, es el corte quemado en la mayoría de sus frentes de explotación.

4.2. Ubicación de mina Ana María – Rinconada

4.2.1. Ubicación

La mina Ana María – Rinconada se denomina como la zona de estudio que se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Amanea Provincia de San Antonio de Putina. Departamento de Puno, entre los 4900 a 5200 m.s.n.m. como se muestra en el Plano 02.

La Corporación Minera Ananea S. A., se encuentra ubicado entre las prolongaciones occidentales de los nevados de Ananea, pertenecientes a la cadena Aricoma o cordillera de Carabaya, en el paraje denominado centro poblado la Rinconada.

Lugar de ubicación : Cerro lunar de Oro

Distrito : Ananea

Provincia : San Antonio de Putina

Departamento : Puno

Las coordenadas geográficas y la elevación aproximada son:

14° 37' 10" Latitud Sur.

69° 26' 50" Longitud Norte.

Elevación 4800-5300 msnm.

4.2.2. Accesibilidad

Es accesible por vía terrestre desde la ciudad de Juliaca por un recorrido al Noreste mediante una carretera asfaltada en su mayor tramo y afirmada, llegando al centro poblado La Rinconada

Tabla 4. 1 Distancia aproximada a Centro Poblado La Rinconada.

	Tiempo (h)	Carretera	Distancia (km.)
Puno-Juliaca	1	Asfaltada	40
Juliaca - Putina	1,5	Asfaltada	89
Putina - Ananea	1,5	Asfaltada	62
Ananea - La Rinconada	0,5	Afirmada	20
La Rinconada - Corporación M.A.S.A.	0,25	Afirmada	5
	4,75 h		216 Km.

Fuente. UEA Ana María-CMASA

El acceso desde la ciudad de Puno a Juliaca se realiza a través de una carretera asfaltada, de Juliaca a Putina, se realiza por una carretera asfaltada de 89 km., de Putina hasta el distrito de Quilcapunco.

Se realiza por una carretera asfaltado en su primer etapa que tiene 31 km., de Quilcapunco hasta distrito de Ananea se tiene una carretera trocha carrozable que tiene 28 km. que suman un total de 60 km aproximadamente, de Ananea hasta el Centro Poblado Rinconada se realiza por una carretera trocha carrozable que tiende a ser 20 km.

4.2.3. Clima y vegetación

El clima es frígido y seco con bruscos cambios de temperatura que alcanzan de día hasta 14°C y por las noches llega hasta que las aguas que fluyen se congelan; las precipitaciones fluviales (lluvia, nevada y granizada) comienzan a partir de los meses de octubre y noviembre, presentándose las más intensas entre los meses de Diciembre a Marzo.

Por la condición frígida y seca la vegetación es muy limitada en la zona, hay escasos pastos silvestres, la misma que cubre áreas muy reducidas con presencia de agua, que son de beneficio para la crianza de alpacas y algunos auquénidos de la zona.

4.2.4. Recursos

En su gran mayoría son gente desempleada de los Departamentos de Puno, Arequipa y Cuzco.

a) Recursos naturales

Como recursos naturales de mayor importancia es la presencia de estructuras mineralizadas con mineral aurífero (oro); además se tiene el recurso líquido que es proveniente de los deshielos del glaciar, que se usan para el consumo doméstico y para la transformación del mineral (molienda y recuperación).

b) Recursos materiales

En la zona no hay producción de los recursos materiales como los recursos de primera necesidad; los recursos necesarios para el abastecimiento y operación de la mina provienen de las ciudades vecinas como Putina y la mayor parte desde la ciudad de Juliaca.

4.3. Descripción de las etapas en operación mina

4.3.1. Exploración

En esta etapa se realizarán labores horizontales y verticales (cortadas, estocadas, chimeneas) cuyos objetivos son: llegar a las proyecciones de los mantos para su posterior desarrollo.

4.3.2. Desarrollo

Luego que las cortadas llegan a su objetivo (mantos) se realizan labores horizontales o verticales (galerías, chimeneas) siguiendo la estructura del manto y que permiten su reconocimiento y la confirmación de leyes y potencias a lo largo de su recorrido, estas labores permiten la cubicación de reservas minerales.

4.3.3. Preparación

En esta etapa, realizada después o en forma paralela al desarrollo se realizan labores horizontales o verticales (chimeneas, subniveles) que permiten la preparación de los tajeos y trabajarlos mediante cámaras y pilares con circado y que conformarán las zonas de explotación.

4.3.4. Explotación

Es la etapa final en que se extrae en forma sistemática el recurso mineral preparado y cubicado en las zonas de trabajo llamadas “Tajeos”.

4.4. Frentes de tajeos de mineral

Estos frentes tienen por finalidad entregar la mayor cantidad de mineral al menor costo, y entran en ejecución según disposición de la gerencia, en las caras libres o bloques que hicieron las labores de preparación.

Su rendimiento se debe a que al ejecutar los tajeos resultan más económicos que ejecutar frentes, debido a la menor cantidad de taladros perforados, menor uso de explosivos y una mayor cantidad de mineral para el recojo del “quiebre”.

4.4.1. Circado

En este tipo de labores varía de acuerdo al ancho de sección de labor, y la “quiebra” del mineral se ejecuta por cada 3 metros de avance, la cual es evaluada por la gerencia para determinar cambio o continuidad de rumbos, y para una prospección de minerales a tajar.

4.4.2. Fractura de mineral o quiebra

Es la acción que permite recoger los minerales de cuarzo de los mantos que han sido circados, cuando la gerencia dispone las quiebras de mineral, se perforan taladros paralelos a los buzamientos de las circas, los cuales son disparados con cargas controladas para proceder a acoplar los minerales para su almacenamiento y posterior beneficio en la planta de amalgamación. Las quiebras de mineral se disparan mediante “cachitos”, o taladros paralelos a su buzamiento, cuando la cantidad de mineral que contienen las “circas” es considerable, y es variable al tipo de frente que se ejecuta, así, en los frentes de exploración se levanta la “circa” por cada 3 metros de avance, por la necesidad continua de mantener informes del comportamiento del mineral, en los frentes de preparación la quiebra de mineral se realiza cada 6 cortes, y en los tajeos se levanta la circa cada 9 cortes, debido a que al ser zonas exploradas ya se tiene mayor certeza sobre las leyes y potencias del mineral a explotar.

4.5. Aspectos generales del yacimiento

4.5.1. Formación Sandia

En la Cordillera Oriental aflora una aparente continuidad estratigráfica, una secuencia de lutitas negras a claras y otra detrítica de cuarcitas con intercalaciones de lutitas negras, en Sandia el espesor de esta formación supera los 3500m, reduciéndose hacia el sur; estratigráficamente pertenecen al Ordovícico medio.

4.5.2. Formación Ananea

El área que abarca el yacimiento aurífero en la mina la Rinconada se observan afloramientos consistentes en Lutitas y Pizarras que conforman la parte superior de la

formación; generalmente tienen un rumbo promedio Noreste a Sur-este y con buzamiento de 10° a 20° al Sur-oeste.

Datos de la formación Ananea.

Espesor	: +/- 800 metros.
Rumbo	: Noroeste – Sureste 10° - 20°.
Tamaño de grano	: Medio a fino.
Color	: Gris oscuro a negro.
Textura	: varía de un lugar a otro.
Variedad de roca	: Pizarra silisificada piritizada.
Edad estimada	: 415,000000 – 435,000000 antes del presente.

La textura es variable debido a que la sedimentación ha sido en cuencas intercontinentales.

El termino formación Ananea, fue dado por Laubacher G., (1973). Asignándole una edad Siluriano Devoniano.

En la zona del mapeo geológico, los estratos de Lutitas y Pizarras, aforan en el sector Sur-este donde se ubica el Asiento minero La Rinconada y el sector Noreste se ubica la mina Cerro Lunar de Oro, entre estos dos sectores o áreas importantes surgen la presencia de la Lengua Glaciar.

Las rocas más antiguas en el extremo Noreste de la provincia de San Antonio de Putina y la mayor parte de la provincia de sandía están formadas por una secuencia de pizarras lutitas, areniscas y cuarcitas del paleozoico.

Sobre los que se han depositado areniscas y calizas del cretáceo y cubriendo las formaciones anteriores por una extensa formación de ignimbritas del terciario y depósitos aluviales, glaciares del cuaternario.

4.5.3. Geología regional

Las rocas del paleozoico ocupan toda la cordillera de carabaya extendiéndose al este de la cuenca del río Inambari y al norte cubriendo las estribaciones del altiplano y las rocas mesozoicas aparecen hacia la cuenca del Titicaca con interrupciones cubiertas por formaciones del cenozoico y recientes.

4.5.4. Formación del yacimiento

En el área de que abarca el yacimiento aurífero Ana María se observa afloramientos consistentes en lutitas y pizarras que conforman la parte superior de la formación, generalmente tienen un rumbo promedio Noroeste – Sureste, con buzamiento de 10° a 20° Suroeste. Los estratos de lutitas y pizarras afloran tanto en el sector donde se ubica la mina Rinconada y al sector de la mina lunar de oro, entre estos dos sectores o pares importantes surge la presencia de lengua glaciaria.

Los afloramientos conspicuos de lutitas y pizarras están cortados por dos estructuras importantes, que son el dique San Pedro y el dique Tentadora. Con rumbo promedios al Noroeste – Sureste y buzamiento al Noreste. También es importante mencionar la presencia de la veta Carmen que presenta un rumbo Noroeste – Sureste buzamiento ligeramente hacia el Noreste.

Estos horizontes de lutitas y pizarras pélvicas y silíceas son de grano fino medio color gris oscuro a negro, su textura varía de secciones a otra, todo ello tal vez se debe al hecho de que se han depositado en cuencas intercontinentales separadas parcialmente y bajo diferentes condiciones de sedimentación.

a) Rocas intrusivas del paleozoico inferior

Las rocas intrusivas en el área se ven representadas por los diques Tentadora y San Pedro que al margen oeste de este dique se observa mini stock work intrusivos. En el

sector este del cerro San Francisco es la posible ubicación del stock ello se debe al afloramiento inconspicuo de este cuerpo intrusivo.

Litológicamente consiste en intrusivos de naturaleza granítica en estado amorfo los diques que afloran en el área se presenta meteorizada de color gris oscuro a rojizo y en superficie fresca es de color blanco lechoso.

Tanto en el Sureste – Noreste la Veta Carmen siendo su potencia promedio del dique San Pedro de 400 m y del dique Tentadora de 0,40 m en ambos sectores la veta Carmen se presenta en forma ramificada o cola de caballo que consiste en venillas de cuarzo con alto contenido de iones de oro libre, con un ancho promedio de 1,00 metros otra estructura importante en la veta poderosa que se ubica en el lado sur del cerro San Francisco, con las mismas características de la veta Carmen.

Es importante resaltar la presencia del stock works tanto en el sector Sureste y Noroeste, que en el yacimiento de Ana María es de mucha importancia por su contenido y por causar el enriquecimiento de los mantos, tipificado al yacimiento como un deposito mineralógico capa filón – capa.

4.5.5. Geología estructural

El yacimiento de Ana María ha sido afectado por el Tectonismo Eoherciniano de tipo intercontinental, con una fase compresiva y que siguiendo un régimen de distensión en el ordovícico - Siluriano – Devoniano y el acortamiento producido es el orden del 25% en las zonas externas llegando al 50% en la zona axial y una fase tardía herciniana compresiva que sigue una distensión pensilvaniana con sills de basalto y volcanismo a consecuencia de la intrusión ígnea y que ocasiona un acortamiento más débil que de las fase Ehorciniana.

El periodo post – tectónico del perno – trías, está asociado al fracturamiento cortical con probable distensión que produjo una tectónica de bloques y un magmatismo alcalino más rico en cuarzo y álcalis.

a) Tectónica

La tectónica en el yacimiento juega un papel muy importante en cuanto a la concentración de Au libre en mantos Cuarcíferos, es por ello que se ilustra a continuación.

b) Diaclasamiento

Tanto los mantos cuarcíferos, así como los estratos de lutitas y pizarras han sido afectados por este fenómeno tectónico, observándose en interior mina y en superficie a manera de bloques de forma irregular, este fenómeno está relacionado a los inicios de la etapa de sedimentación que posterior mente originaron los estratos como se observa en la actualidad.

c) Plegamientos

Es otro de los fenómenos importantes que ocurre en el yacimiento, se sabe que el plegamiento se presenta a manera de flexuras-anticlinales y sinclinales que son producto de fuertes movimientos horizontales que hay afectado a los estratos de lutitas y pizarras en el sector de Cerro Lunar de Oro se observa claramente el eje anticlinal asimétrico con rumbo Noroeste-Sureste consecuente del plegamiento andino pero el sector de Cerro San Francisco se puede observar un anticlinal asimétrico con un eje Noreste-Suroeste anómalo en comparación con el plegamiento andino.

d) Fallamiento

El fallamiento en el yacimiento está relacionado a un periodo anterior al Perno-Trías, consecuentemente con fallas pre-minerales. Las fallas San Andrés, Esperanza, Carmen y Lunar se orientan hacia el Noroeste-Sureste de bajo ángulo con

desplazamiento vertical al orden de centímetros, otro sistema de fallas importantes son las fallas San Francisco, Norma y Virginia completan un cuadro tectónico de fallamientos transversal de rumbo Noreste-Suroeste estas fallas son casi verticales y de alto ángulo con desplazamiento vertical inferior a 20 metros.

4.5.6. Formación del yacimiento

La secuencia de formación del yacimiento, se ha tenido en cuenta observaciones geológicas tanto superficiales como subterráneas.

Formación de estratos de lutitas y arenisca en una cuenca intercontinental (formación Ananea), afectados por un leve metamorfismo regional, con mineralización de oro (baja ley), probado por las características geométricas, geológicas – estratificadas y mineralógicas que ocurre en el silúrico- devónico.

Mantos singenéticos estrato ligados, íntimamente ligados al fracturamiento y tectónica de bloques y seguidos posteriormente por el magnetismo alcalino ácido que llevo enriquecimiento de oro libre y sulfurosos, tipo hidrotermal (epigenico – endógeno) del perno-trías. Levantamiento de los estratos a consecuencia de la orogenia andina.

a) Tipo y génesis del yacimiento

El yacimiento Ana María, es un depósito definido geométricamente como tabular estrato ligado, mantenido, originando por sustitución meta somática, en conclusión es un yacimiento en su primera fase denominada singenético - endógeno.

En la segunda fase de mineralización que es la más importante, es de origen hidrotermal por lo tanto epigenético - endógeno, originado por fuerzas tensionales dando lugar a la formación de fracturas y micro fracturas que a través de las cuales las corrientes de difusión de fluidos han ascendido con mineralización de iones metálicos formando sulfuros y oro libre, que es muy apreciable en las intersecciones con los mantos singenéticos y las fracturas, han producido una estructura conocida con el nombre de

bolsonada de forma irregular, situado en el espacio horizontal y vertical con enriquecimiento de oro libre.

4.5.7. Geología de minas

a) Cubicación de reservas.

Las reservas cubicadas en las estructuras mineralizadas en la Contrata Minera Wilsander, se han efectuado según los criterios y factores que se aplican en las diferentes contratas de la Corporación Minera Ananea S. A.

b) Bloqueo de mineral

Cada block es la porción in situ del yacimiento que está formada por una figura geométrica regular tridimensional limitada por labores de explotación, desarrollo y/o exploración. La forma, altura, cálculos de tonelaje y ley de block están relacionados fundamentalmente a las leyes de muestreo de las labores que limitan el block. Los bloques de mineral han sido delineados con los siguientes trabajos:

- Muestreo sistemático de labores de exploración, desarrollo y explotación.
- Control de leyes obtenidas con el muestreo.

c) Método de bloqueo

La delimitación de un bloque de mineral en mantos es una figura geométrica tridimensional en la cual el grosor del manto es siempre la dimensión tremendamente menor con respecto a las otras dos dimensiones, la longitud y ancho del bloque de mineral se ha estimado haciendo una inspección previa de las leyes sobre un plano de ensayos del manto, con el fin de delimitar intervalos con un valor económico, los tramos de baja ley no han sido tomados en cuenta. Una vez hecha esta delimitación de intervalos se calcula la potencia promedio del tramo y luego se mide la longitud, la

altura del bloque de mineral se ha estimado en función del radio de acción de la longitud del tramo o tramos continuos.

d) Calculo de leyes

Las leyes de muestreo han sido calculadas usando la formula siguiente:

$$\text{Ley Promedio} = \frac{\sum (\text{Ancho del manto} \times \text{Ley})}{\sum (\text{Anchos})}$$

El peso específico del mineral empleado en el cálculo es de 2.7

e) Clasificación de mineral

Considerando la extrema y errática distribución de los lentes mineralizados y teniendo en cuenta la definición de las categorías de reservas aceptadas internacionalmente. Dentro de la categoría de reservas probadas, debido a que de nivel a nivel los lentes no tienen continuidad, de modo que al mineral que se encuentra en un nivel se le asume una influencia de sólo diez metros para todos los niveles en la Contrata Minera Wilsander; por lo tanto las reservas en cuestión solo son reconocidas por un lado, en consecuencia caen dentro de la categoría de reservas probables.

f) Reservas de la Contrata Minera Wilsander

Las reservas minerales de la Contrata Minera Wilsander están estimadas en la reserva de la Corporación Minera Ananea S.A. de acuerdo a los estatutos y reglamentos de cma s.a., se asignan una área determinada a cada contratista estos son muy variadas considerando el número considerable de contratistas mineros en la UEA Ana María.

4.5.8. Geología económica

4.5.8.1. Afloramiento

Tanto en la sección San Francisco principalmente en Ana María I y en sección de Cerro Lunar Ana María II, afloran en diferentes mantos en cuarzo aurífero con espesor

que varían de 0,50 cm hasta 40 cm inter estratificado entre los paquetes de pizarra de la formación Ananea el rumbo general de los mantos es de Este a Oeste y el Buzamiento varia de 10 a 20 grados al Suroeste. Los mantos reconocidos están separados unos a otros desde los 2 metros hasta los 70 metros el aspecto de los mantos es sensiblemente lenticular la roca encajonante esta débilmente alterada, generalmente una decoloración de las pizarras a veces la pizarra esta finamente piritizada.

En la sección de San francisco ocurre hasta 23 mantos reconocidos, mientras que en la sección de Lunar se observan 5 mantos.

Merece destacar la presencia de una veta denominada Carmen ubicada en el extremo Sureste de las concesiones con rumbo $N35^{\circ}W$ y buzamiento de $65^{\circ} - 85^{\circ}$ Sureste que es contrastante con la posición de los mantos y también de naturaleza filoneana con más de 200 meros continuos de afloramiento y 3 metros de potencia con relleno de cuarzo ahumado, piritita, arsenopiritita, en venillas manchas y disseminaciones. Esta estructura, constituye un potencial que merece su exploración y desarrollo. El muestreo efectuado sobre el afloramiento con 78 muestras arrojo leyes que fluctúan 0,7 a 22 g/TM.

4.5.8.2. Mineralogía

El oro ocurre en partículas libres de 3 micras a más y como inclusiones principalmente dentro del cuarzo. También ocurren esporádicas inclusiones de oro en la arsenopiritita con dimensiones de 20 micras. Los sulfuros blenda y galena ocurren en granos muy finos y muy erráticamente asociados a calcopiritita, arsenopiritita y piritita, la milibdenita ocurre en granos libres la piritita ocurre en finas disseminaciones en el cuarzo, la marcasita es súper resultante de la descomposición de la pirrotita muestra la textura mórfica, la arsenopiritita también se presenta en disseminaciones y venillas llevando algo

de oro asociado la tetraedrita es mineral portador de oro. Otros elementos menores son la limonita, hematita y titanita.

El cuarzo se presenta como el elemento más abundante constituye el 92%, la pirita y pirrotita constituye el 2 – 4% y el resto son sulfuros, y otros elementos menores.

El estudio de las briquetas y la distribución de los granos libres de cuarzo y/o asociados a otros minerales nos indican que en su gran mayoría estos están comprendidos dentro del rango de la amalgamación y cianuración.

4.5.8.3. Mineralización

La mineralización en Ana María se encuentra en mantos y relleno de fracturas y micro fracturas los que se conoce como capa de filón – capa siendo los primeros de mayor ocurrencia en el Noroeste y Sureste (san francisco y Lunar).

Estas fracturas y micro fracturas con contenido de cuarzo y oro libre se entrecruzan y forman un enrejado lo que en conjunto forman la zona de stock works. Esta zona importante enriquecida con oro libre se ubica entre el dique Tentadora y la veta Carmen el stock works se orienta con un eje Noroeste - Sureste a manera de una franja con un ancho promedio de 80 metros y una longitud no determinado en el extremo Noroeste, por la presencia de nevados perpetuos, pero si estaría en clavo en el lado Este del cerro San Francisco otra zona de menor importancia económica es la comprendida entre el dique San pedro y el dique Tentadora donde la presencia de fracturas y micro fracturas con contenido de cuarzo por libre es muy limitado y poco influyente en el enriquecimiento de los mantos más en cada zona se presentan lentes mineralizados de oro libre y esto se repiten a distancias irregulares.

Estos resultados indicarían la existencia de los fuentes diferentes de soluciones mineralizantes con probable removilización de la mineralización pre – cambrina.

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. Exposición de pruebas y resultados

Los resultados de ensayos de Resistencia Compresiva Uniaxial (RCU), propiedades físicas y carga puntual de laboratorio de mecánica de rocas se exponen en la parte de la determinación de la calidad del macizo rocoso las pruebas como se muestra en el Anexo 02.

Se ha realizado de acuerdo a los estándares y normas internacionales de ISRM-UNE, de acuerdo a los objetivos e hipótesis considerando la variable independiente y la variable dependiente.

5.1.1. Exposición de pruebas y resultados de acuerdo a hipótesis

En el presente trabajo de investigación se considerado hipótesis general y dos hipótesis específicos.

Hipótesis específica

- La determinación de la calidad del macizo rocoso nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

- La evaluación de las operaciones unitarias nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

Variable independiente. Mejoramiento del plan de minado mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de operaciones unitarias en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

Variable dependiente. Optimización de la producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

5.2. Metodología de investigación realizada

Fase I: de evaluación, mejoramiento de planeamiento de minado y operaciones unitarias.

- Evaluación del plan de minado actual y operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales
- Determinación de la calidad de macizo rocoso
- Mejoramiento del planeamiento de minado y operaciones unitarias de sostenimiento, perforación, voladura, carguío y transporte de minerales

Fase II: Optimización de producción de minerales auríferos

- Optimización de producción de minerales auríferos en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.

5.3. Planeamiento de minado actual (métodos y técnicas de trabajo)

5.3.1. Evaluación de plan de minado actual (métodos y técnicas de trabajo)

En la operación minera actual de la Contrata Minera Wilsander no existe un plano de minado las operaciones unitarias, se realizó de acuerdo al programa de trabajo

elaborado por el propietario en coordinación con algunos profesionales entendidos en la materia

5.3.2. Características geoestructurales de la zona labores mineras

La geología estructural del macizo rocoso está constituido fundamentalmente por pizarras del paleozoico con cinco familias de discontinuidades de los cuales tres familias tienen influencia en la calidad del macizo rocoso los otros dos son esporádicos.

5.4. Mejoramiento de planeamiento de minado y operaciones unitarias.

Planeamiento de minado a corto plazo:

- Evaluación de plan de minado a corto plazo propuesto.
- Determinación de la calidad del macizo rocoso.

Operaciones unitarias:

- Perforación.
- Voladura.
- Carguío.
- Transporte.

5.5. Operaciones unitarias

Las operaciones unitarias, se realizan de acuerdo al programa de avance estructural por la gerencia teniendo presente que la sección actual de 2,45 x 1,90 m no requiere soporte salvo algunas veces cuando requiera.

5.5.1. Sostenimiento

El sostenimiento es natural debido a que las cajas (roca encajonante) son competentes aproximadamente de 140 Mp, ocasionalmente en las zonas falladas se

emplean cuadros de madera convencionales, durante el avance actual no requiere refuerzo por su estabilidad debido a la sección de 2,45 x 1,90 m.

5.5.2. Perforación

La perforación que se realiza con barrenos de 4pies (seguidor) y perforadoras Jack Leg modelo seco serie 250, brocas de 38 mm. (Atlas Copco).tanto la perforación como el carguío lo realizan con poca dirección técnica más toman en cuenta sus experiencias sobre todo en el diseño de la malla de perforación lo que ha motivado algunas falencias durante las operaciones mineras diarias.

5.5.3. Voladura

El propósito de la voladura es convertir una gran masa de roca en varios tamaños más pequeños, capaces de ser movidos o excavados por equipos. Para llevar a cabo este proceso, existen dos factores importantes a considerar, fragmentación de la roca y movimiento de la roca. Los explosivos empleados para los trabajos son los siguientes: dinamita semigelatina de 65%, fulminante común N° 8 Y mecha lenta (accesorio). Todos estos fabricados y comercializados por Famesa.

Datos de campo:

- Ancho de la labor : 2,45 m
- Altura de la labor : 1,90 m
- Área del frente : 4,60 m²
- Tipo de roca : Pizarra del paleozoico
- Equipo de perforación : Yack leg
- Longitud de barreno : 4 pies
- Diámetro del taladro vacío : 76,1 mm

- Diámetro de taladros cargados : 38,1 mm
- Desviación angular : 0,01 m
- Diámetro del cartucho : 22,225 mm
- Longitud del cartucho : 0,1778 m
- Densidad relativa de la dinamita semigelatina 65 % : 1,14 g/cm³
- Velocidad de detonación de la dinamita semigelatina 65 % : 3700 m/s
- Presión de detonación de la dinamita semigelatina 65 % : 83 kbar
- Volumen normal de gases de la dinamita semigelatina 65 % : 910 l/kg
- Resistencia al agua de la dinamita semigelatina 56 % : muy buena
- Densidad relativa : 2,7 kg/m³

5.5.4. Cálculo del volumen roto

El volumen de una labor de Contrata Wilsander, se obtiene perforando con una barra de 4 pies, con una eficiencia de avance por disparo de 1 m, con un área de sección de 2,40 m, por 1.80 m. Es de 11,65 TM.

Área de la sección de labor minera:

$$2,45 * 1,90 = 4,65 \text{ m}^2$$

Longitud efectiva de avance:

$$L = 0,15 + 34,1 * \phi_v - 39,4(\phi_v)^2$$

$$L = 0,15 + 34,1 * 1,2 * 0,0254 - 39,4(1,2 * 0,0254)^2$$

$$L = 0,15 + 34,1 * 1,0396 - 0,0366$$

$$L = 1,189 - 0,0366$$

$$L = 1,152 \text{ m.}$$

Longitud de perforación aproximada: 1,10 m.

Eficiencia de la voladura: 93 %

$$1,10 \text{ m} * 0,93 = 1,023 \text{ m.}$$

Volumen roto

$$1,0 \text{ m} * 4,65 \text{ m} = 4,65 \text{ m}^3$$

Tonelaje roto:

Densidad de la roca: $2,7 \text{ kg/m}^3$

$$4,32\text{m}^3 * 2,7 \text{ kg/m}^3 = 11,65 \text{ TM.}$$

5.5.5. Total tonelaje de mineral roto

La Contrata Minera Wilsander posee 4 labores mineros en producción con sección de aproximadamente 2,45 m x 1,90 m, distribuido en 4 turnos cada una de 06 horas

Tabla 5. 1 Tonelaje de mineral roto de los 4 turno

Turno	Perforista	Frente	Sección	Longitud	TM/día	Limpieza	Nº de viajes	Frente
mañanero	Celso	Frente Boa	Ancho:2,40 m Alto:1,80 m Area:4,32 m ²	1	11,65	Guillermo	1,3 15,145 5	San Antón II
Diario	V. Ticona	San Antón II	Ancho:1,50 m Alto:1,50 m Area:2,25 m ²	1	6,07	Hernán	1,3 7,891 3	Frente Boa
Tardero	Marcial	Frente N	Ancho:1,50 m Alto:1,50 m Area:2,25 m ²	1	6,07	Chaiña	1,3 7,891 3	San Antón II
Nochero	Braulio	San Antón I	Ancho:2,40 m Alto:1,80 m Area:4,32 m ²	1	11,65	E. Ramos	1,3 15,145 5	Frente N
4 perforaciones por día					35,44		16 viajes	
Total de TM							46,072	
Promedio							11,518	

5.5.6. Carguío

El acarreo en interior mina se realiza mediante unos carros mineros 3 TM de capacidad, en forma manual con 8 trabajadores quienes alimentan a la tolva del carro minero mediante una plataforma especial con carretillas y mediante el lampeo.

5.5.7. Transporte

El transporte de mineral aurífero y el mineral no valioso son transportando en carros mineros Dumper de 3,00 TM.

5.6. Planeamiento de minado propuesto

La planificación minera subterránea se ocupa de determinar exactamente temas como los insumos que han de intervenir en el proceso, su transporte y almacenamiento, la forma de procesamiento del material extraído, el calendario de actividades y varios otros aspectos relacionados a las operaciones mineras, conociendo las actividades en una operación minera se plantea variar un parámetro para mejorar la realidad actual, se convierte en una herramienta vital para mejorar las posibilidades de éxito de la mina..

5.7. Evaluación de plan de minado a corto plazo

Según Quispe A., (2013), Es la encargada de realizar los planes diarios, semanales y las mensuales hasta completar el plan anual, el planeamiento de corto plazo es clave por estar ligada directamente con la operación diaria de mina. Dentro del planeamiento de corto plazo se cuenta con información más detallada de blasthole a partir del cual se desarrolla un modelo de corto plazo, la perforación de blasthole puede ser suficiente para cubrir una semana del plan y para las próximas semanas se usa una combinación del modelo de corto plazo con el de largo plazo para completar la información para el planeamiento mensual, trimestral y anual.

Los planes mensuales, por su carácter dinámico que tienen en la práctica, pueden ser revisados al final de cada mes para ver la incidencia en los planes trimestrales. Estos planes controlan la operación de minado diario relacionada con:

- Consumo de brocas, barras de perforación

- Consumo de combustible de equipos diesel
- Consumo de Anfo, cartuchos de dinamita y accesorios de voladura
- Consumo de horas maquina en perforación, carguio, acarreo y transporte
- Disponibilidad mecánica y operativa de equipos, etc.

El planeamiento a corto plazo es el encargado de desarrollar alternativas del plan operativo a corto plazo de la mina para lo cual utiliza la información geológica y litología actualizada en el control de mineral. Se tiene que cumplir con las siguientes funciones:

- Control topográfico del avance de minado en forma diaria de la mina, considerando planes semanales, mensuales y trimestrales.
- Coordinación directa con las áreas de operaciones mina, perforación y voladura, geología y planta concentradora. Estas coordinaciones se realizan en forma diaria, para establecer el plan operacional del día; así mismo, se desarrolla diferentes trabajos dirigidos al avance de las operaciones unitarias de la mina.
- Efectúa diferentes diseños de tajeos: Límites de minado, ángulos de inclinación de los mantos, galerías de acceso, botaderos, etc.
- Maneja la estadística completa de mina y realiza los informes mensuales.
- Diseños de mallas de perforación y de acuerdo al avance de minado.

Planeamiento a corto plazo, constituye una enmienda a lo establecido en planeamiento a mediano plazo mediante:

- Las operaciones por mes, semanas y días.
- Se realiza en base a planos de reservas por niveles explotación.
- Estimar la cantidad necesaria de bloques de mineral y desmonte.

Se realiza mensualmente, con un horizonte de tres meses en lo que se refiere a explotación, estableciendo las operaciones de recuperación referidos a:

- Ingresos y egresos.
- Gastos financieros.
- Materiales e insumos.

5.8. Determinación de la calidad del macizo rocoso

Para la determinación de la calidad del macizo rocoso se ha los trabajos de la recolección de la información geomecánica.

Se han obtenido cumpliendo ciertas reglas de carácter técnico con el fin garantizar los resultados específicamente los trabajos de la recolección de la información lito estructural de la maza rocosa con varias iteraciones en dos etapas de pre proceso y pos proceso conforme a los siguientes trabajos:

- Trabajo de campo
- Trabajo en laboratorio
- Post proceso con software Dips, roclab, rock data de rocscience
- Determinación de la calidad del macizo rocoso mediante las clasificaciones geomecánicas de RMR de Bieniawski 1989 y índice Q de Barton
- Diseño de sostenimiento de acuerdo a la calidad del macizo rocoso

5.8.1. Trabajo de campo

Consiste en la recolección de datos de campo es decir se ha realizado el mapeo geomecánico en el interior de la labor minera para la consolidación de la información se ha utilizado el registro lineal centralizado en una línea de percepción de discontinuidades para describir las características de rumbo, buzamiento, apertura, persistencia, rugosidad, relleno, meteorización y agua subterránea

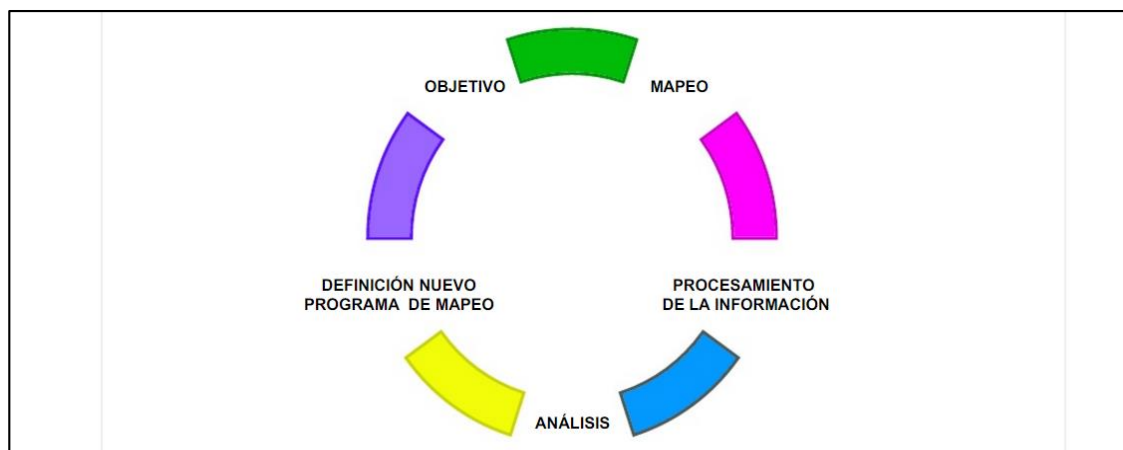


Figura 5. 1 Actividades en mapeo geomecánico.

Fuente. Rodríguez C.G. 2015

5.8.2. Mapeo geomecánico

Según Rodríguez G., (2015), del Centro geotécnico y geomecánico internacional, el mapeo geomecánico consiste en la recolección de datos de las características litoestructurales del macizo rocoso en el campo como:

- Las características geoestructurales in situ del macizo rocoso considerando.
- Las familias presentes teniendo en cuenta las características fundamentales de las diaclasas.
- Condiciones del ambiente y clasificando el tipo de macizo rocoso, haciendo uso de las herramientas geomecánicas: picota de geólogo, martillo schmidt, brújula y juego de colores.

Además el autor sugiere que es necesario evaluar e interpretar cada discontinuidad mediante el uso de estereograma haciendo las transformaciones necesarias para consolidar la base de datos para el uso de software especializado de rocscience.

5.8.3. Objetivos de mapeo

La información litoestructural del macizo rocoso sintetizado en mapeo geomecánico se ha realizado con los siguientes objetivos:

- Modelo geológico de la mina (Litología mineralización, distribución, otros parámetros).
- Fabrica del macizo rocoso (mapeo de discontinuidades)
- Modelo de discontinuidades mayores
- Recomendaciones para voladura
- Clasificar el macizo rocoso
- Identificar en detalle una geometría o volumen (cuñas)
- Complementar información acerca de un aspecto geológico relevante para un proyecto (patrón estructural, desviación de una falla mayor, rumbos, manteo profundidad de una zona de suelo, escombros de falda o zona de quebrada)

La consolidación de datos de campo se realiza en un registro lineal, en las investigaciones realizadas por Rodríguez G., (2015), el autor por sus experiencias en el área de geomecánica de varias minas ha resumido en sus tablas sugeridas en los diferentes tomas de datos de campo, como resultado menciona que existen tres tipos de mapeos geomecánicos más usados en la minería peruana que son:

- Mapeo geomecánico de RMR de *Bieniawski* 1989
- Mapeo geomecánico de Q de *Barton*
- Mapeo geomecánico de GSI de *Hoek and Brawn*

Es aconsejable medir un número suficiente de orientaciones de discontinuidades para definir adecuadamente cada familia tal como considera en sus investigaciones Gonzales, (1999).

El número de medidas dependerá de la dimensión de la zona estudiada, de la aleatoriedad de las orientaciones de los planos y del detalle de análisis. Si las orientaciones son constantes se puede reducir el número de medidas. La representación

gráfica de la orientación de las diferentes familias de discontinuidades puede realizarse mediante:

- Proyección estereográfica, representando los polos o planos con valores medios de las diferentes familias.
- Diagrama de rosseto, que permite representar un gran número de medidas de orientación de forma cuantitativa
- Bloques diagrama, permitiendo una visión general de las familias y sus orientaciones respectivas
- Símbolos en mapas geológicos, que indican los valores medios de dirección y la dirección y valor del buzamiento para los diferentes tipos de discontinuidades (juntas, fallas, foliación, diaclasas, etc.).

La orientación media de una familia se evalúa mediante la proyección estereográfica o la construcción de diagramas de rosetas con los datos de las orientaciones medidas para cada discontinuidad, esta evaluación se ha realizado con la aplicación de software Dips 5.1.

El macizo puede clasificarse por el número de familias variando entre macizos rocosos masivos o con una única familia de discontinuidades, por ejemplo un macizo rocoso granítico, y macizos con cuatro o más familias de discontinuidades, como puede ser un afloramiento de pizarras plegado e intensamente fracturado.

La presencia de tres familias principales de discontinuidades ortogonales entre sí es frecuente en los macizos rocosos sedimentarios.

Las familias de discontinuidades se pueden representar gráficamente mediante bloques diagramas, en diagrama de concentración de polos y en el diagrama de Rosseto, permitiendo así la visualización espacial de su orientación relativa y del tamaño y forma de los bloques de matriz rocosa, como se muestra en la Tabla 5.2.

Tabla 5. 2 Clasificación de macizo rocoso por número de familias

Tipo de macizo rocoso	Número de familias
I	Masivo, discontinuidades ocasionales
II	Una familia de discontinuidades
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales
IV	Dos familias de discontinuidades
V	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales
VI	Tres familias de discontinuidades
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales
VIII	Cuatro o más familias de discontinuidades
IX	Brechificado

Fuente: ISRM 1981.

5.8.4. Descripción de las discontinuidades en registro lineal

Según Ramírez O., *et al* (2004), las discontinuidades condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos. La resistencia al corte de las discontinuidades es el aspecto más importante en la determinación de la resistencia de los macizos rocosos duros fracturados, y para su estimación es necesario definir las características y propiedades de los planos de discontinuidad. Se describen los tipos de discontinuidades y se definen los parámetros físicos y geométricos que condicionan sus propiedades y su comportamiento mecánico, estas características de discontinuidades es necesario consolidar en una base de datos para posteriormente ser evaluados estadísticamente en forma sistemática en familias, esta propuesta ha sido aplicado por Córdova D., (2005).

La descripción y medida de estos parámetros para cada familia debe ser realizada en campo, consolidados en un registro lineal que sea fácil de interpretar con una descripción específica, clara y detallada:

- Buzamiento
- Dirección de buzamiento

- Espaciado
- Continuidad o persistencia
- Rugosidad
- Abertura
- Relleno
- Meteorización
- Agua subterránea

Algunos de estos parámetros, como la rugosidad, resistencia de las paredes, apertura y relleno, determinan el comportamiento mecánico y la resistencia al corte de las discontinuidades.

Según Mamani F., (2015), el mapeo geomecánico se puede realizar mediante el uso de un registro de datos minuciosamente elaboradas conocido como registro lineal de detalle de discontinuidades por progresivas, estaciones y arco rebatido en mapeo geomecánico subterráneo, considerando estas sugerencias en el presente trabajo de investigación se ha realizado el Mapeo geomecánico de RMR de Bieniawski por el método de registro lineal que se detallan a continuación en la Tabla 5.2.

5.8.5. Clasificaciones geomecánicas

Una parte importante de la caracterización de los macizos rocosos, lo constituyen sin dudas, las clasificaciones geomecánicas, que surgieron de la necesidad de parametrizar observaciones y datos empíricos, de forma integrada, para evaluar las medidas de sostenimiento en túneles.

Las mismas son un método de ingeniería geológica que permite evaluar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, y a partir de estas estimar los parámetros geotécnicos de diseño y el tipo de sostenimiento de un túnel. Además de las

obras subterráneas, se destacan las aplicaciones en taludes y cimentaciones. Las clasificaciones llevan más de 50 años en uso, pero es a partir de la década de los 70 cuando se extienden internacionalmente.

Por la facilidad en la aplicación en la actividad minera subterránea se han convertido en una herramienta de fácil aplicabilidad, conocidos con el nombre de método empírico de determinar la calidad del macizo rocoso, considerando que existe el método numérico y método observacional con aplicación de instrumentos enmarcado en la ciencia de la auscultación, (Mamani F., 2015).

5.8.6. Mapeo geomecánico de RMR de Bieniawski 1989

Las fracturas son planos de discontinuidades en la superficie de los macizos rocosos originados cuando la roca ha estado sometida a un esfuerzo tectónico que sobrepasó su límite de rotura o puede abrirse fácilmente a causa de tensiones inducidas por la excavación es decir ocasionada por un evento sísmico o micro sísmico. Consideramos dos tipos de fracturas: fallas y juntas.

La falla se origina cuando las dos secciones que separan la fractura han sufrido desplazamiento, una respecto de la otra, paralelamente a la fractura.

La magnitud del desplazamiento puede variar entre milímetros hasta decenas de kilómetros.

En cambio se denomina junta cuando el desplazamiento relativo entre secciones es nulo o prácticamente nulo.

Por lo tanto, el mapeo geológico consiste en tomar todos los datos posibles de discontinuidades en el campo, pues a menudo, no se puede volver al punto de medición. Tal es el caso de la excavación de una galería, cortadas o labores de preparación de una mina subterránea, todo ello con el objeto de valorar un macizo rocoso. Los mapeos se

realizaron a través de formatos o estadillos simplificados y adecuados para cada labor en estudio

5.8.7. Recolección de información geomecánica

Respecto a La recolección de datos de la litología estructural de la masa rocosa existen muchas propuestas de autores especializados en geomecánica la data procedente de la litología estructural se consolida en una tabla de registros de la recolección de los datos de campo pueden tomar diferentes formas para una evaluación estadística para cada familia de diaclasas y lograr valores representativos de cada familia para su valoración de acuerdo a las características y tipo de diseño geomecánico de excavaciones subterráneas y superficiales (Valencia E., 2009).

Considerando específicamente para que los modelos geomecánicos puedan ser generados y utilizados como base para la toma de decisiones, una importante cantidad de información de alta calidad debe primero ser recolectada.

Sin información exacta, la integridad y confiabilidad de los modelos de mapeo geomecánico se verán comprometidas. Información de baja calidad o irrelevante puede generar errores en la toma de decisiones, con las consecuencias potencialmente desastrosas para la ejecución del plan de minado.

Debido a la naturaleza crítica de los datos geomecánicos, y la necesidad de que sean recolectados utilizando personal con específica capacitación en recolección de datos geomecánicos.

La recolección de datos geomecánicos es muy importante, la capacitación sea ofrecida por personas que cuentan con importantes conocimientos geológicos así como la experiencia y competencia en ofrecer capacitación de recolección de datos geomecánicos a personal de empresas de minería. Como se muestra en el Plano 03.

Tabla 5. 3 Discontinuidades de progresiva 0-15 familia 1

Discontinuidad	Buz.	Dir. Buz.	Set.	Espacio (mm)	Persistencia.(m)	Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno espesor (mm)	Meteorización	Agua subterránea
				1. >2000 2.600-2000 3. 200-600 4. 60-200 5. <60	1. <1 2. 1-3 3. 3-10 4. 10-20 5. >20	1. Cerradas 2. Muy ang. < 0,1 3. Ang. 0.1-1,0 4. Abierta 1.0-5,0 5.Muy abierta >5,0	1. Muy rugosa 2. Rugosa 3. Med. Rugosa 4. lig. Rugosa 5. lisa	1. Ninguno 2. Duros < 5mm 3. Duro >5mm 4. Suave < 5mm 5. Suave > 5mm.	1. Sana 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy meteor. 5. Descomp	1. Seco 2. Húmedo 3. Mojado 4. Goteo 5. Flujo
1	85	160	1	5	4	3	1	3	3	2
2	86	150	1	4	3	2	2	4	3	2
3	84	150	1	3	3	3	3	3	3	2
4	80	145	1	4	3	4	2	2	3	2
5	80	150	1	3	3	3	2	3	3	2
6	70	150	1	3	3	3	2	3	2	2
7	87	155	1	3	4	3	2	2	3	2
8	87	150	1	4	3	3	2	3	2	2
9	84	152	1	4	4	2	3	2	2	3
10	86	149	1	4	3	3	1	3	2	2
11	87	151	1	4	2	3	2	2	3	2
12	84	153	1	4	3	3	2	3	2	1
13	84	154	1	5	3	2	1	2	2	1
14	84	155	1	4	3	2	2	3	3	1
15	82	149	1	4	2	2	2	4	2	3
16	81	147	1	3	2	3	2	3	3	1
17	79	151	1	4	3	2	2	2	3	2
18	80	157	1	4	4	3	2	2	2	1
19	78	151	1	3	3	3	2	3	2	2
20	78	149	1	4	3	4	3	2	2	1
21	79	147	1	4	2	3	2	3	2	2
22	83	153	1	4	3	3	2	2	2	1
23	83	151	1	3	3	3	2	3	3	2
24	78	152	1	4	4	4	2	2	2	2
25	77	155	1	4	3	5	3	2	2	1
26	73	149	1	4	3	3	2	2	2	2

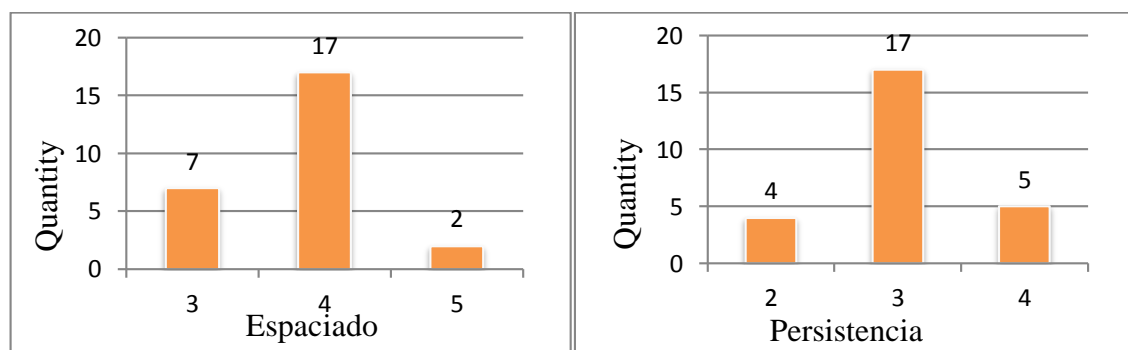


Figura 5. 2 Histograma de espaciado y persistencia de familia 1

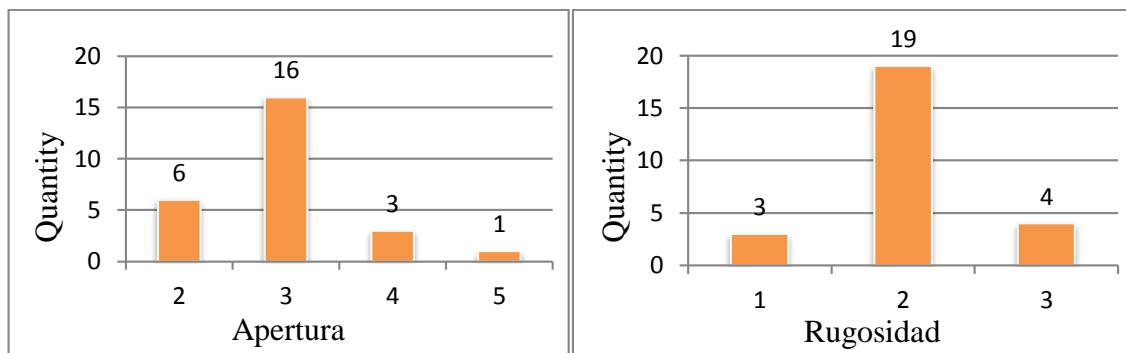


Figura 5. 3 Histograma de apertura y rugosidad de familia 1

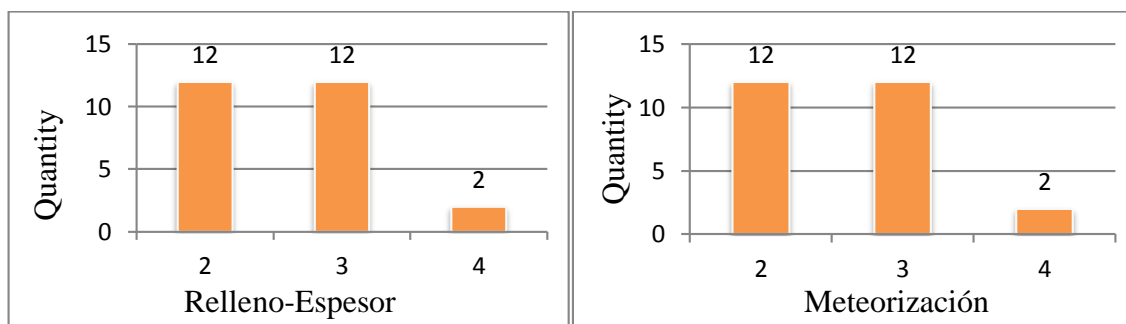


Figura 5. 4 Histograma de relleno espesor y meteorización de familia 1

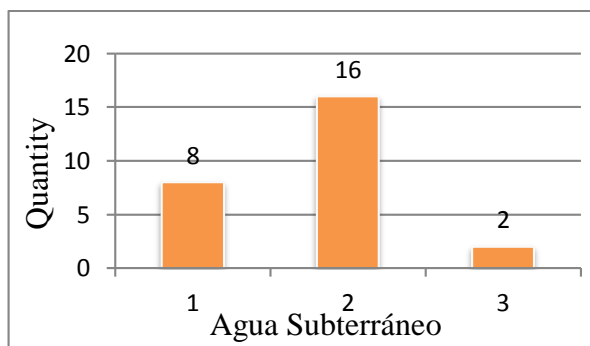


Figura 5. 5 Histograma de agua subterránea de familia 1

Tabla 5. 4 Discontinuidades de progresiva 0-15 familia 2.

Discontinuidad	Buz.	Dir. Buz.	Set	Espacio (mm)	Persistencia.(m)	Apertura (mm)	Rugosidad.	Relleno espesor. (mm)	Meteorización	Agua subterránea
				1. >2000 2. 600-2000 3. 200-600 4. 60-200 5. <60	1. <1 2. 1-3 3. 3-10 4. 10-20 5. >20	1. Cerradas 2. Muy ang. < 0,1 3. Ang. 0,1-1,0 4. Abierta 1,0-5,0 5. Muyabierta >5,0	1. Muy rugosa 2. Rugosa 3. Med. Rugosa 4. lig. Rugosa 5. lisa	1. Ninguno 2. Duros < 5mm 3. Duro >5mm 4. Suave < 5mm 5. Suave > 5mm.	1. Sana 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy meteor. 5. Descomp	1. Seco 2. Húmedo 3. Mojado 4. Goteo 5. Flujo
1	76	20	2	3	2	2	1	2	1	1
2	73	12	2	3	3	2	1	2	1	1
3	72	32	2	4	4	2	1	2	1	1
4	80	28	2	4	3	2	2	2	2	1
5	80	28	2	4	2	2	3	3	3	1
6	73	40	2	4	3	2	2	2	3	2
7	82	28	2	5	3	3	2	2	2	3
8	81	25	2	4	2	4	2	2	2	3
9	83	23	2	4	2	2	2	3	2	2
10	75	22	2	4	2	4	2	2	2	1
11	73	26	2	4	3	2	3	3	2	1
12	77	27	2	5	3	3	3	2	2	1
13	75	32	2	4	2	3	2	3	2	2
14	74	28	2	4	2	2	3	2	2	1
15	78	25	2	3	3	3	2	3	2	1
16	81	26	2	5	3	4	3	3	3	1
17	75	22	2	2	3	3	2	3	2	1
18	80	23	2	5	4	3	2	3	3	2
19	82	27	2	4	3	4	2	3	2	2
20	83	25	2	4	4	3	2	2	2	1
21	83	35	2	4	3	3	2	2	2	2
22	77	37	2	5	3	3	3	2	2	2
23	85	26	2	5	4	4	3	2	2	2
24	85	17	2	4	3	3	2	2	3	1

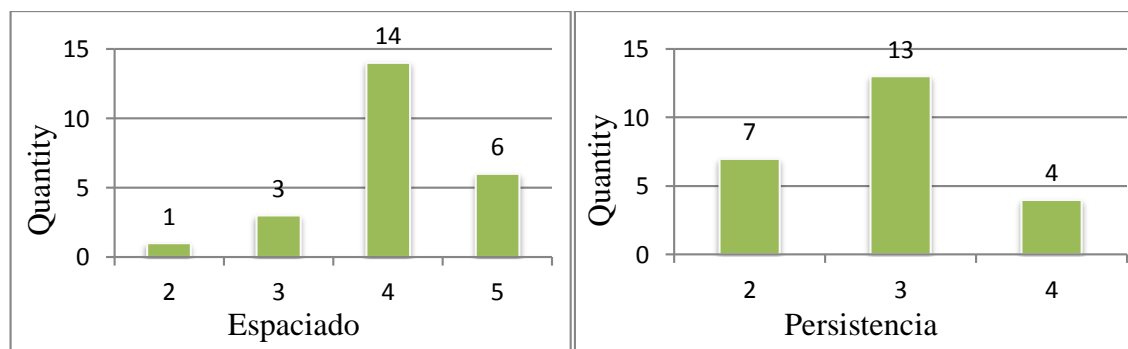


Figura 5. 6 Histograma de espaciado y persistencia de familia 2.

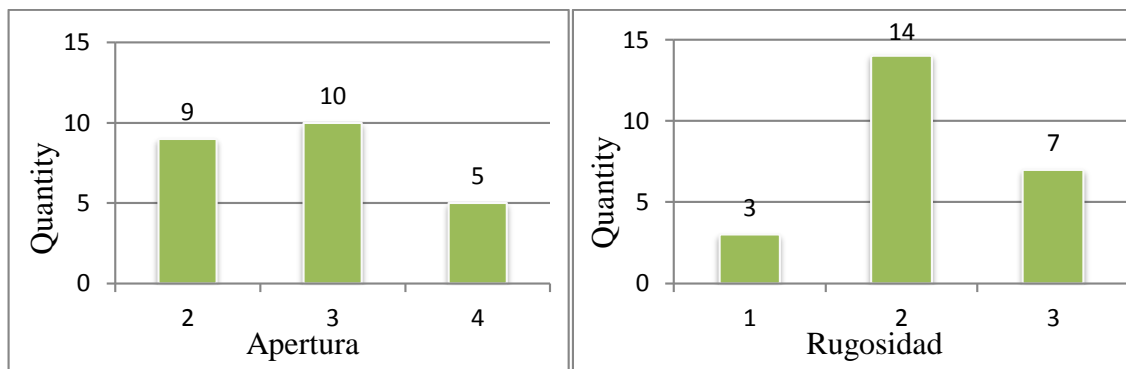


Figura 5. 7 Histograma de apertura y rugosidad de familia 2

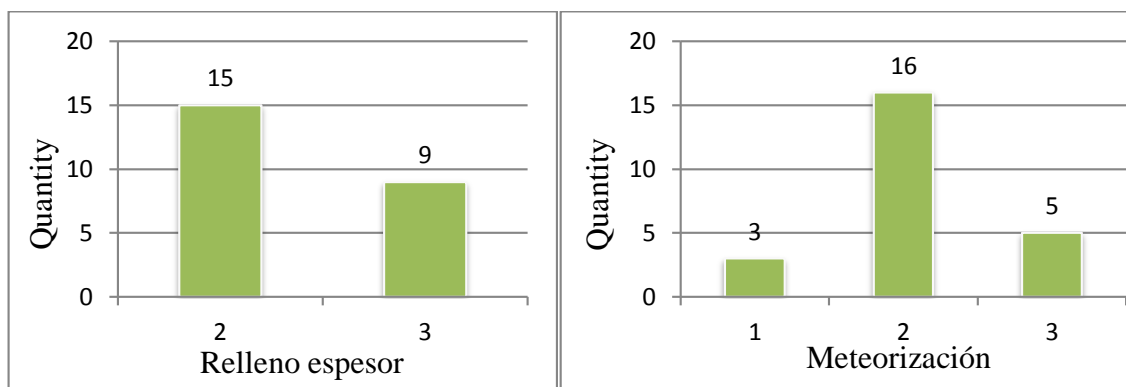


Figura 5. 8 Histograma de relleno espesor y meteorización de familia 2

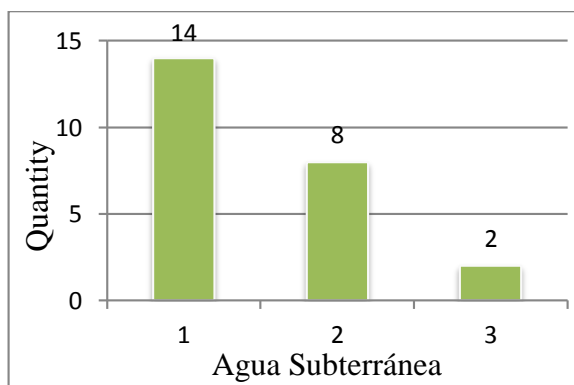


Figura 5. 9 Histograma de agua subterránea de familia 2.

Tabla 5. 5 Discontinuidades de progresiva 0-15 familia 3

Discontinuidad	Buz.	Dir. Buz.	Set	Espacio (mm)	Persistencia (m)	Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno espesor. (mm)	Meteorización	Agua subterránea
				1. >2000 2.600-000 3. 200-600 4. 60-200 5. <60	1. <1 2.1-3 3. 3-10 4. 10-20 5. >20	1. Cerradas 2. Muy ang. < 0.1 3. Ang. 0,1-1,0 4. Abierta 1,0-5.0 5. Muy abierta >5.0	1. Muy rugosa 2. Rugosa 3. Med. Rugosa 4. lig. Rugosa 5. lisa	1. Ninguno 2. Duro < 5mm 3. Duro > 5mm 4. Suave < 5mm 5. Suave > 5mm.	1. Sana 2. Ligera 3. Moderada 4. Muy meteor. 5. Descomp	1. Seco 2. Húmedo 3. Mojado 4. Goteo 5. Flujo
1	7	335	3	4	3	2	4	2	2	1
2	8	340	3	5	2	1	3	3	3	1
3	6	327	3	4	3	4	3	2	2	2
4	7	333	3	4	3	3	2	2	3	3
5	6	335	3	4	4	2	2	2	2	2
6	7	344	3	4	2	4	2	3	2	2
7	8	344	3	5	4	2	2	2	2	1
8	8	345	3	4	4	2	2	3	3	1
9	8	339	3	4	3	3	1	4	2	1
10	8	334	3	4	2	2	2	3	2	2
11	8	333	3	3	3	2	2	2	2	1
12	8	335	3	4	4	3	2	2	2	1
13	8	336	3	3	3	2	2	3	3	2
14	8	340	3	4	3	3	1	4	2	1
15	8	330	3	4	4	3	1	3	2	2
16	8	335	3	5	3	4	3	3	2	1
17	7	332	3	4	3	3	3	2	3	1
18	8	332	3	4	3	4	2	2	2	2
19	7	327	3	3	3	3	3	2	3	2
20	7	334	3	3	3	4	3	2	2	2

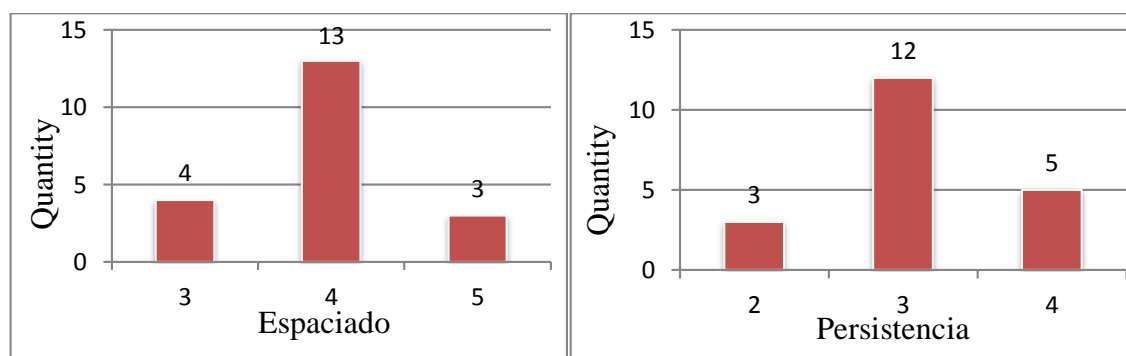


Figura 5. 10 Histograma de espaciado y persistencia de familia 3

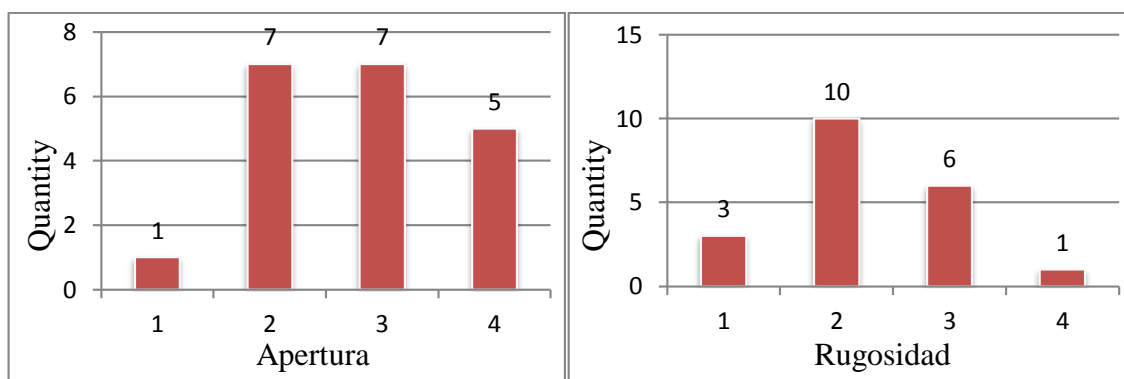


Figura 5. 11 Histograma de espaciado y persistencia de familia 3.

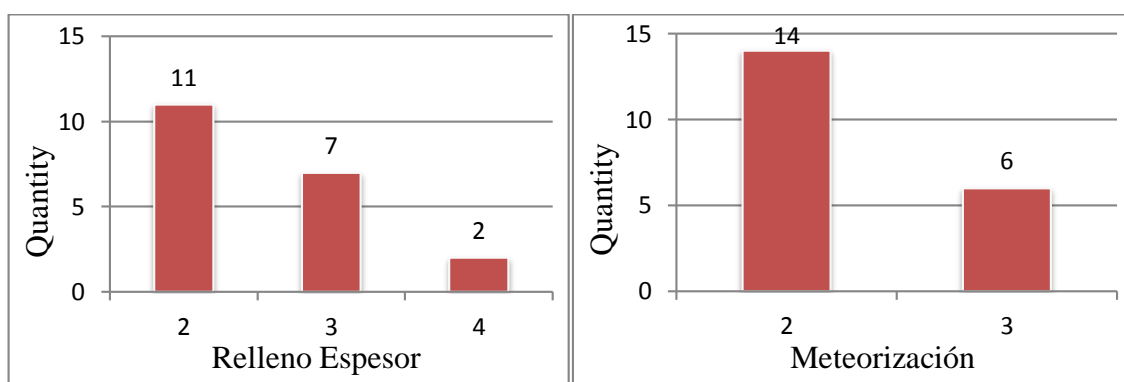


Figura 5. 12 Histograma de relleno espesor y meteorización de familia 3.

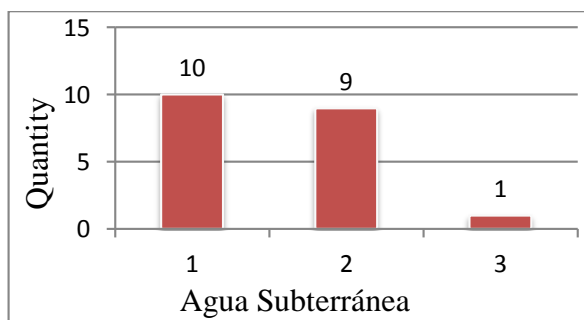


Figura 5. 13 Histograma de agua subterránea de familia 3.

5.8.8. Dominio estructural del macizo rocoso en Contrata Minera Wilsander

La Contrata Wilsander está ubicada en el área de concesiones de la Corporación Minera Ananea S.A. de acuerdo a la evaluación geomecánica se ha determinado la existencia de cinco familias de discontinuidades de los cuales tres familias son los más importantes los otros dos no son influyentes en la calidad del macizo rocoso estas

discontinuidades son el resultado de la voladura realizada en las operaciones mineras las características cuantitativas se relacionan con las familias representativas del macizo rocoso con una baja frecuencia.

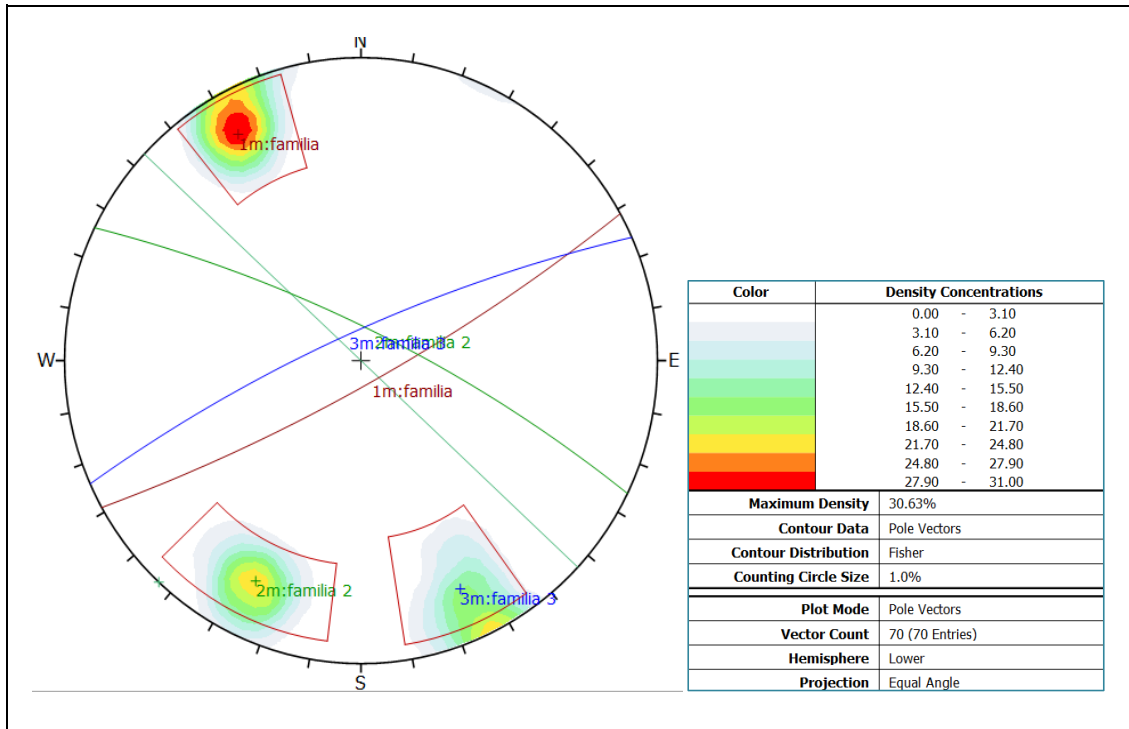


Figura 5. 14 Concentración de polos.

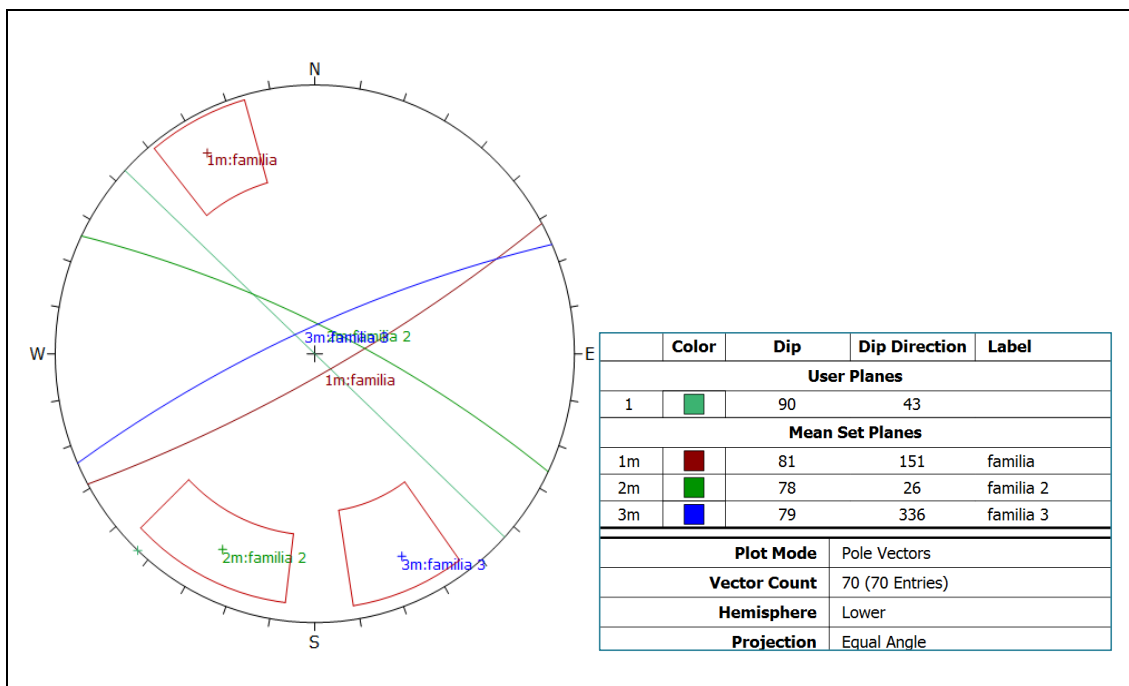


Figura 5. 15 Familias de discontinuidades.

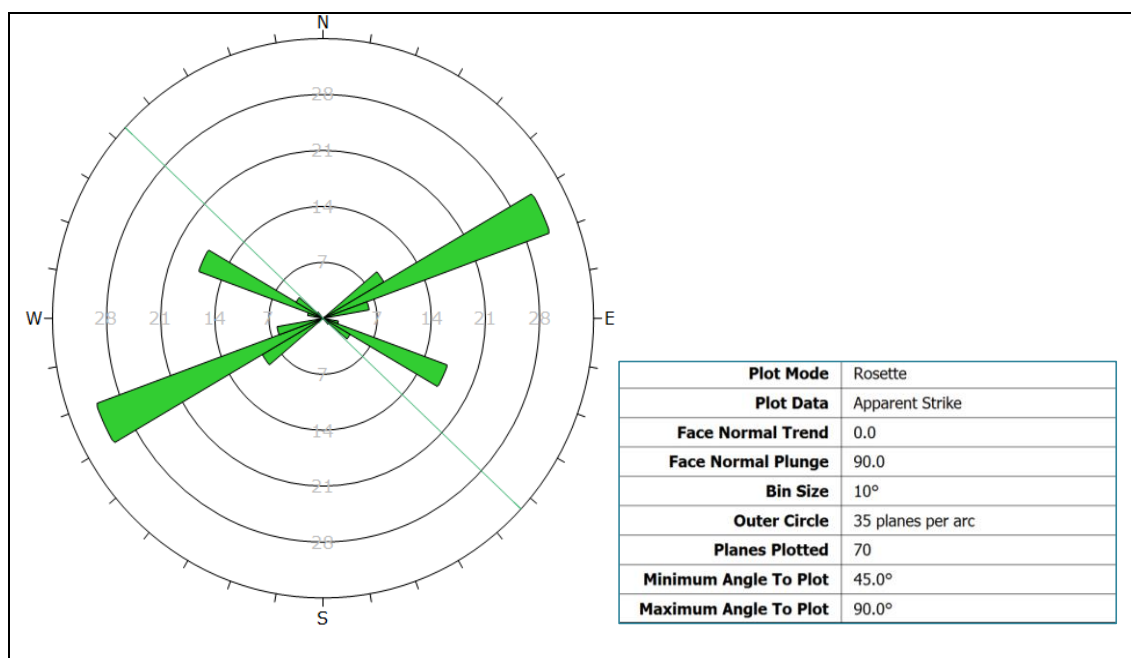


Figura 5. 16 Diagrama de Rosseto.

5.8.9. Sintetización de dominio estructural

El dominio estructural, se ha sintetizado en la Tabla 5.5.

Tabla 5. 6 Progresiva 0-15 longitud 15,00 m Contrata Minera Wilsander.

Parámetros	Discontinuidades de progresiva 0-15			Valor representativo de progresiva 0-15 Longitud=15,00m
	Familia N° 1	Familia N° 2	Familia N° 3	
Orientación (Bz / DBz)	81/151	78/026	79/336	81/151
Número de diaclasas en 1 m	5	4	4	13 diaclasas por m ³
Espaciado	60-200 mm	60-200 mm	60-200 mm	60-200 mm
Persistencia	3-10 m	3-10 m	3-10 m	3-10 m
Apertura	Ang. 0,1-1,0	Ang. 0,1-1,0	Muy ang. < 0,1	Ang. 0,1-1,0
Rugosidad	Rugosa	Rugosa	Rugosa	Rugosa
Relleno-espesor	Duro >5 mm	Duros < 5mm	Duro <5 mm	Duro < 5mm
Meteorización	Ligera	Ligera	Ligera	Ligera
Agua subterránea	Húmedo	Seco	Seco	Seco

5.8.10. Resistencia Compresiva Uniaxial por método no destructivo

El procedimiento consiste en hacer uso de los rebotes del martillo Schmidt interpolados con la densidad resulta el valor de Resistencia Compresiva Uniaxial (RCU). De manera similar se puede obtener el valor de RCU haciendo uso de la formula

Tabla 5. 7 Valores de K con martillo Schmidt.

Valores de K(Ir) : Martillo Schmidt - sentido horizontal	
Nº	Ir
1	32
2	33
3	36
4	31
5	39
6	36
7	35
Prom	34,57≈35

Tipo de roca : Pizarra

Densidad seca : 2,79 gr/cm³

Pe : Peso específico

$$Pe = D(g) = 2,79 * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$Pe = 27.342 \text{ KN/m}^3$$

$$\sigma_c = 10^{(0,00088)(Pe)(Ir)+1,01}$$

Dónde:

σ_c : Resistencia compresiva uniaxial

Considerando:

$$Ir \text{ (promedio)} = 34$$

$$Pe \text{ (peso específico)} = 27,342 \text{ KN/m}^3$$

$$\sigma_c = 10^{(0,00088)(27,342)(35)+1,01}$$

$$\sigma_c = 10^{0,842+1,01}$$

$$\sigma_c = 10^{1,852}$$

$$\sigma_c = 71,12 \text{ MPa}$$

5.8.11. Propiedades físicas de muestras

Las propiedades físicas de las muestras de roca intacta se han determinado en el laboratorio de mecánica de rocas de FIM - UNA Puno.

Según la Norma ASTM C 97-02.

Tabla 5. 8 Propiedades físicas de muestra de roca intacta Contrata Wilsander

Tara	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Peso seco + parafina (g)	Peso parafina (g)	Peso sumergido (g)	Densidad parafina (g/cm ³)	Volumen parafina (g/cm ³)	Volumen muestra (g/cm ³)	Densidad seca (g/cm ³)	Porosidad aparente (%)
M-01	251,25	251,10	262,67	11,57	160,41	0,87	13,30	88,96	2,82	0,13
M-02	228,37	228,24	236,95	8,71	144,79	0,87	10,01	82,15	2,78	0,11
M-03	255,94	255,80	264,48	8,68	162,96	0,87	9,98	91,54	2,79	0,13
M-04	226,55	226,40	233,80	7,40	143,17	0,87	8,51	82,12	2,76	0,12
M-05	233,34	233,26	241,13	7,87	147,96	0,87	9,05	84,12	2,77	0,07
Numero de resultados									4	4
Valor maximo, MAX									2,82	0,13
Valor minimo, MIN									2,76	0,11
Mediana, MED									2,79	0,13
Valor promedio, MEAN									2,79	0,12
Desviacion estandar, SDEV									0,03	0,01
Coficiente de variación, CV									0,32	-1,24

Fuente: Laboratorio de geomecánica de rocas FIM - Puno.

5.8.12. La resistencia compresión uniaxial - laboratorio de mecánica de rocas FIM -UNAP.

Es llamada también Resistencia Compresiva Uniaxial (RCU) y se define como:

El esfuerzo máximo que soporta la roca sometida a compresión uniaxial, la cual se determina a través de una probeta cilíndrica sin confinar en el laboratorio.

La resistencia a la compresión uniaxial (RCU) es el esfuerzo de compresión axial máximo que puede tolerar una muestra cilíndrica recta de material antes de fracturarse el macizo rocoso.

Se conoce también como la resistencia a la compresión no confinada de un material porque el esfuerzo de confinamiento se fija en cero.

La resistencia a la compresión es la carga (o peso) por unidad de área a la que el material falla (se rompe) por fracturación por cizalla o extensional.

Esta propiedad es muy importante en la mecánica de materiales, tanto en situación no confinada (i.e., uniaxial) como confinada (i.e., triaxial).

Dado que los materiales cerca de la superficie terrestre, incluyendo los edificios, suelen estar sometidos a condiciones no confinadas, consideraremos exclusivamente esta situación.

En este caso, la resistencia a la compresión uniaxial (i.e., longitudinal) se mide en una prensa hidráulica que registra el esfuerzo compresor (σ) aplicado sobre una probeta de material en una dirección del espacio, y la deformación lineal inducida en esa misma dirección.

Tabla 5. 9 Resultado de laboratorio de RCU. FIM-UNA.

Ensayos de compresión simple						
Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 2938-95, obteniéndose los siguientes resultados						
ID	Diametro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Relación L/D	Carga (Kg-f)	UCS (Mpa)
UCS - 01	3,86	7,5	11,70	1,9	7400,00	62,01
UCS - 02	3,84	7,35	11,58	1,9	8970,00	75,96
UCS - 03	3,86	7,47	11,70	1,9	10790,00	90,42
Numero de resultados						3
Valor maximo, MAX						90,42
Valor minimo, MIN						62,01
Mediana, MED						75,96
Valor promedio, MEAN						76,13
Desviacion estandar, SDEV						14,21
Coefficiente de variación, CV						0,06

Fuente: Laboratorio de geomecánica de rocas FIM - Puno.

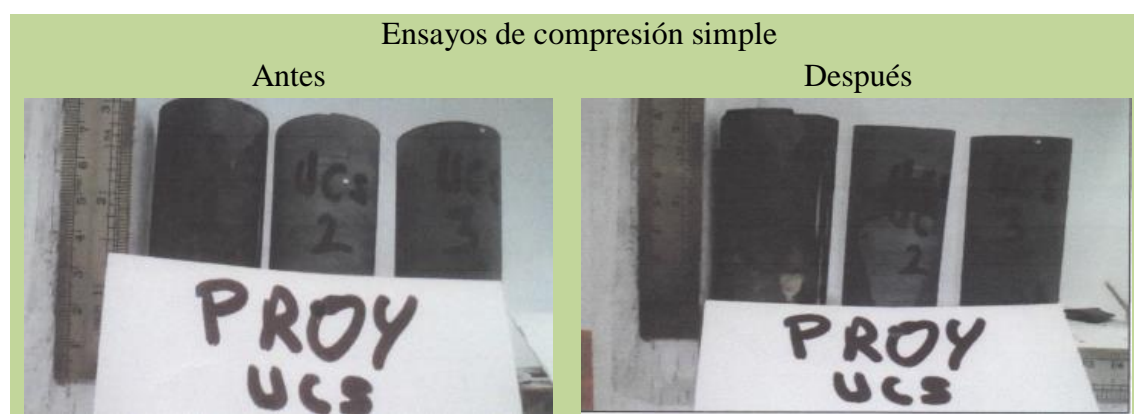


Figura 5. 17 Especímenes para ensayo de RCU de roca intacta Contrata Wilsander

Fuente: Laboratorio de geomecánica de rocas FIM - Puno.

5.8.13. Carga puntual

El ensayo de carga puntual se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple de fragmentos irregulares de roca, testigos cilíndricos de sondajes o bloques, a partir del índice de resistencia a la carga puntual (I_s), de tal forma que el stress aplicado se convierte a valores aproximados de RCU, según el diámetro de la muestra. El procedimiento consiste en romper una muestra entre dos puntas cónicas metálicas

accionadas por una prensa. Las ventajas de este ensayo son que se pueden usar muestras de roca irregulares sin preparación previa alguna y que la máquina es portátil.

Tabla 5. 10 Ensayos de carga puntual Laboratorio de la FIM-UNA.

Ensayos de carga puntual										
Los ensayos se realizaron según la norma ASTM 5731-00, obteniéndose los siguientes resultados										
ID	W (mm)	D (mm)	De (mm)	Relacion (D/W)	Carga aplicada (kN)	Factor de corrección (F)	Tipo de prueba	Is (50) (Mpa)	RCS (Mpa)	Tipo de rotura
PLT-01	38,00	26,00	24,82	0,68	70,00	1,16	Axial	3,28	78,74	matriz
PLT-02	38,00	27,00	25,25	0,71	68,00	1,15	Axial	3,09	74,23	matriz
PLT-03	38,00	22,00	23,03	0,58	65,00	1,13	Axial	3,18	76,24	matriz
PLT-04	38,00	25,00	24,39	0,66	71,00	1,17	Axial	3,41	81,81	matriz
PLT-05	38,00	22,00	23,03	0,58	61,00	1,09	Axial	2,90	69,53	matriz
PLT-06	38,00	26,00	24,82	0,68	67,00	1,14	Axial	3,08	73,90	matriz
Numero de resultados								6	6	
Valor maximo, MAX								3,41	81,81	
Valor minimo, MIN								2,90	69,53	
Mediana, MED								3,13	75,24	
Valor promedio, MEAN								3,16	75,74	
Desviacion estandar, SDEV								0,18	4,25	
Coeficiente de variación, CV								0,01	0,01	

Fuente: Laboratorio de geomecánica de rocas FIM - Puno.

5.8.14. Determinación de RQD

El RQD se puede determinar en la actualidad por varios métodos dependiendo de la cantidad de información geomecánica que se tenga y la precisión de resultados que se logre. Es un parámetro que generalmente se establece a partir de testigos, se define como el porcentaje de fragmentos recuperados mayores de 10 cm sobre la longitud total del taladro o testigo. Sin embargo hay metodologías para estimarlo en afloramientos. Su criterio de valoración es como indica en. Hay varios métodos para el cálculo de RQD, una la de Priest y Hudson, que emplea las fracturas por metro lineal. Y la segunda, la de Palstrom, que emplea el índice volumétrico Jv.

Tabla 5. 11 Calidad de roca de acuerdo a RQD.

R.Q.D. (%)	Calidad de roca	Precauciones
<25	Muy mala	Capaz de fluir
25 – 50	Mala	Requiere soporte
50 – 75	Media	Uso de pernos
75 – 90	Buena	Requiere soporte ligero
90 – 100	Muy buena	No requiere soporte

Fuente: Moreno Tallón, Elías (1981): Las clasificaciones geomecánicas de las rocas, aplicadas a las obras subterráneas.

RQD también puede ser calculado en base al número de diaclasas por m³. La siguiente fórmula puede ser usada (Palmström, 1982):

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Dónde:

J_v : número de discontinuidades por metro cúbico

J_v : 13 Diaclasas por metro cúbico

$$RQD (\%) = 115 - 3,3 (13)$$

$$RQD (\%) = 72,1\%$$

5.8.15. Resultados de resistencia a compresión uniaxial (RCU)

Para determinar el valor de resistencia compresiva uniaxial se ha utilizado dos métodos el método no destructivo (martillo Schmidt) y método destructivo (laboratorio de la UNA.), como se muestra en la tabla 5.12.

Tabla 5. 12 Valores de Resistencia Compresiva Uniaxial (RCU).

Resistencia a Compresión Uniaxial (MPa)		
01	Martillo schmidt	71,12
02	Compresión simple (laboratorio)	76,13
03	Carga puntual (laboratorio)	75,74
Prom.		74,33

5.8.16. Evaluación de RMR de Bieniawski (1989)

Esta clasificación se ha desarrollado a partir de la experiencia en obras realizadas en África del Sur. Su aplicación no tiene limitaciones, excepto en rocas expansivas y fluyentes donde no es aconsejable su uso. El índice RMR (Rock Mass Rating), propuesto por Bieniawski 1989 evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de seis parámetros siguientes considerado en la clasificación del Bieniawski 1989:

- Resistencia de la roca intacta.
- R.Q.D. Rock Quality Designation.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condición de las discontinuidades.
- Agua subterránea.

Tabla 5. 13 Clasificación de roca según el valor del RMR de Bieniawski.

Clase	RMR	Calidad de roca
Clase I	RMR>80	Roca muy buena
Clase II	80>RMR>60	Roca buena
Clase III	60>RMR>40	Roca media
Clase IV	40>RMR>20	Roca mala
Clase V	RMR<20	Roca muy mala

Fuente: Moreno Tallón, Elías (1981): Las clasificaciones geomecánicas de las rocas, aplicadas a las obras subterráneas.

Tabla 5. 14 Orientación de diaclasas de progresiva 120.00-144-00 m

Parámetros	Familias (set) de Diaclasas de progresiva 120,00-144,00m				Dirección en Rosseto
	Set	S	Set	Set N°	
Bz/ Dir Bz	81/15	7	79/	N.I.	N63°E
Numero de diaclasas	26	2	23	23	
Dirección de la labor minera Contrata Wilsander = N70°E					Rumbo paralelo al eje de la galería con bz de 74°SW en rango de bz 45-90 con calificación muy desfavorable = -12

5.8.17. Corrección por orientación.

Según el diagrama de Rosseto la dirección del buzamiento es 60°, la dirección de la galería de avance es S34°W ó N34°E estos dos valores de orientación constituyen cierto paralelismo y de acuerdo a la Tabla 5.14, Se realiza en condiciones muy desfavorables.

Tabla 5. 15 Calificación de Corrección por orientación propuesto por Bieniawski

Rumbo perpendicular al eje				Rumbo paralelo al eje del tunel		Buzamiento 0-20° (Independiente del Rumbo)
Dirección según Buzamiento		Dirección contra Buzamiento		Buzamiento	Buzamiento	
45-90°	20-45°	45-90°	20-45°	45-90°	20-45°	
Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

Fuente: Bieniawski 1989.

Tabla 5. 16 Abaco de clasificación geomecanica de RMR Bieniawski 1989.

Parámetros	ESCALA DE VALORES							
Resistencia de la roca intacta	Carga Puntual	80 kg/cm ²	40-80 kg/cm ²	20-40 kg/cm ²	10-20 kg/cm ²	10 kg/cm ²		
	A compresión simple	2000 Kg/cm ²	1000-2000 Kg/cm ²	500-1000 Kg/cm ²	250-500 Kg/cm ²	100-250 Kg/cm ²	30-100 Kg/cm ²	10-30 Kg/cm ²
	VALOR	15	12	7	4	2	1	0
Espaciado de Juntas	R.Q.D.	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
	VALOR	20	17	13	8	3		
	VALOR	3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50-300 mm	50 mm		
Condición de Juntas	VALOR	30	25	20	10	5		
	Muy rugosas sin continuidad, cerradas, paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1mm. de separación de paredes de roca dura	Ligeramente rugosa < 1mm. de separación de paredes de roca suave	Espejo de falla o relleno de espesor < 5 mm o abiertos 1-5 mm fisuras	relleno blando de espesor < 5mm ó abiertas < 5 mm fisuras continuas			
	VALOR	25	20	12	6	0		
Aguas subterráneas	Cant. Infiltración 10 m de túnel	Ninguna		25 litros/min	25 - 125 litros/min	>125 litros/min		
	Presión de agua	Cero		0,0 - 0,2	0,2 - 0,5	0,5		
	Esfuerzo principal	Totalmente seco		Solo húmedo agua intest.	Ligera presión de agua	Serios problemas de agua		
VALOR	10		7	4	0			

Fuente. Bieniawski 1989

Tabla 5. 17 Rock Mass Rating (RMR) de progresiva 0-15 de acuerdo Bieniawski.

RMR de rampa negativa 240 este de nivel 12: progresiva 0-20		
Parámetro	Valor	Rating
Resistencia compresiva uniaxial (MPa)	50-100 MPa (74.33 MPa)	7
RQD	72,1(50-75)%	13
Espaciado	60-200 mm	8
Persistencia	3-10 m	2
Apertura	Ang. 0,1-1,0	4
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno-espesor	Duro < 5mm	4
Meteorización	Ligera	5
Agua subterránea	Seco	15
RMR básico		63
Ajuste por orientación de discontinuidades		-12
RMR Corregido.		51

RMR corregido : 51,0

El valor de RMR en el ábaco propuesto por Bieniawski 1989 se tiene:

Tipo de roca : III

Descripción de roca : Regular media

Tiempo aproximado de auto soporte: 1 semana

Claro : 3m

Cohesión : 200-300KPa

Angulo de fricción interna: 250 – 350

5.8.18. Diseño de sostenimiento a partir del índice RMR - Beniaowski 1989

Z.T. Beniaowski tiene varias propuestas muchos de ellos han sido modificadas con el correr del tiempo sin embargo el método empírico de la recolección de la información de la litología estructural del macizo rocoso sigue siendo válido, esta propuesta es de uso común en la minería peruana por su uso sencillo para los trabajadores en el interior de la excavación

Según los resultados de la clasificación RMR de 51 se observa que se determina un valor básico de 51 en las discontinuidades, lo que significa que se trata de roca regular, la sugerencia es como sigue:

- Avance y destroza. Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.
- Empernado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2m en el techo y hastiales. Malla en clave.
- Shotcret 5 a 10 cm en el techo y 3 cm en hastiales.
- Cerchas no recomienda su uso.

Tabla 5. 18 Sostenimiento a partir del índice RMR - Bieniawski

CLASE RMR	EXCAVACIÓN	SOSTENIMIENTO		
		PERNOS DE ANCLAJE	SHOTCRETE	CERCHAS
I 100 - 81	Sección completa.	Innecesario, salvo algún perno		
	Avances de 3 m.	ocasional.	No	No
II 80 - 61	Sección completa.	Empernado local en el techo, con longitudes de 2 - 3 m y para	5 cm en el techo	
	Avances de 1 - 1,5 m.	separación de 2 - 2,5 eventualmente con malla.	impermeabilización.	No
III 60 - 41	Avance y destroza.	Empernado sistemático de 3-4 m	5 a 10 cm en el	
	Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente.	con separaciones de 1,5 a 2m en el techo y hastiales. Malla en clave.	techo y 3 cm en hastiales.	No
IV 40 - 21	Avance y destroza		10 a 15 cm en el	
	Avances de 1 a 1,5. Sostenimiento inmediato del frente. Completar sostenimiento a menos de 10 m del frente.	Empernado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1 1,5 m en techo y hastiales con malla.	techo. Y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Cerchas ligeras espaciadas 1,5 m cuando se requieran.
V ≤ 20	Fases múltiples.		15 - 20 cm en	
	Avances de 0,5 a 1 m sostener inmediatamente el frente después de cada avance.	Empernado sistemático de 5- 6 m con separaciones de 1- 1,5 m en techo y hastiales con malla. Empernado en solera.	techo, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance.	Cerchas pesadas separadas 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera.

Fuente: Engineering classification of jointed rock masses- Bieniawski, Z.T. (1973).

5.8.19. Dimensión equivalente (De)

La dimensión equivalente se determina a partir de la dimensión de la sección de la excavación es decir a partir del ancho o altura dividida por la relación soporte de excavación (ESR), en donde cada tipo de excavación tiene valores, tal como se observa en Tabla 5.19.

Tabla 5. 19 Valores del Índice ESR de la clasificación de Barton (2000).

	Tipo de Excavación	ESR
A	Labores mineras de carácter temporal	2 - 5
B	Galerías mineras permanentes, túneles de centrales hidroeléctricas (excluyendo las galerías de alta presión), túneles piloto, galerías de avance en grandes excavaciones. cámaras de compensación	1,6 - 2,0
C	Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y de ferrocarril, túneles de acceso.	1,2 - 1,3
D	Centrales eléctricas subterráneas, túneles de carreteras primarias y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e	0,9 - 1,1
E	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, fábricas, túneles para tuberías	0,5 - 0,8

Fuente. Clasificaciones geomecánicas aplicadas a las obras subterráneas- Moreno Tallón, Elías (1981)

Para diseñar el sostenimiento a instalar, se utiliza las dimensiones de la excavación a realizar y el tipo de uso que se va a dar a la obra (ESR) para definir la dimensión equivalente (De) de la excavación, que se obtiene como cociente entre el ancho o altura de la excavación (B) y el factor ESR:

$$De = \frac{B}{ESR}$$

$$De = \frac{2,5 \text{ m}}{1,6} = 1,56$$

$$De = 1,56$$

El valor de ESR se obtiene del cuadro 4.7 en función del uso que se vaya a dar a la excavación. Según los resultados de la clasificación Q se observa que se determina el valor de Q básico de 20,2 a 35,9 en las discontinuidades, lo que significa que se trata de

roca buena a muy buena. Entonces, en base a este resultado, se concluye que el proyecto en estudio no requiere sostenimiento ninguno (tal como se muestra en la tabla 5.19), sin embargo se puede emplear sostenimiento ocasional en zonas específicas a lo largo de la labor, lo que se determinara con un plan de zonificación geomecánica de labores.

5.8.20. Clasificación geomecánica Q de Barton

El Sistema Q o Clasificación de Bartón fue desarrollado en Noruega en 1974 por Barton, Lien y Lunde, del Instituto Geotécnico Noruego. Se basó su estudio en el análisis de cientos de casos de túneles construidos principalmente en Escandinavia.

El valor del índice Q de Barton se puede determinar por dos métodos:

- Método de determinación de Q por correlación
- Método de mapeo Geomecánico Q de Barton

5.8.21. Método de determinación de Q por correlación

Para determinar el valor del índice Q de Barton se hace uso de la siguiente fórmula, es necesario tomar en cuenta la precisión del trabajo a realizar y los resultados obtenidos dependerán de ello.

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

$$RMR - 44 = 9 \ln Q$$

$$9 \ln Q = RMR - 44$$

$$9 \ln Q = 51 - 44$$

$$9 \ln Q = 7$$

$$Q = e^{7/9}$$

$$Q = e^{0,777777}$$

$$Q = 2,17$$

5.8.22. Método de mapeo geomecánico Q de Barton

En este método el índice Q de Barton se obtiene haciendo el mapeo respectivo con aplicación de las tablas de valores propuestos por N. Barton estructurado en un ábaco tal como se observa en Tabla 5.20. La clasificación geomecánica de Barton asigna a cada terreno un índice de calidad Q, tanto mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Su variación no es lineal como la del RMR, sino exponencial, y oscila entre $Q = 0,001$ para terrenos muy malos y $Q = 1000$ para terrenos muy buenos. El valor de Q se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

Donde cada parámetro representa lo siguiente:

- **RQD.** Es el Índice Rock Quality Designation, propuesta por Deere (1958) es decir, la relación en tanto por ciento entre la suma de longitudes de testigo de un sondeo mayores de 10 cm y la longitud total. Barton indica que basta tomar el RQD en incrementos de 5 en 5, y que como mínimo tomar $RQD=10$.
- **Jn.** Varía entre 0,5 y 20, y depende del número de familias de juntas que hay en el macizo.
- **Jr.** Varía entre 1 y 4 y depende de la rugosidad de las juntas.
- **Ja.** Varía entre 0,75 y 20 y depende del grado de alteración de las paredes de las juntas de la roca.
- **Jw.** Varía entre 0,05 y 1,0 dependiendo de la presencia de agua en el túnel.
- **SRF.** Son las iniciales de Stress Reduction Factor, y depende del estado tensional de la roca que atraviesa el túnel.

Tabla 5. 20 Puntuación de clasificación Q de Barton.

Intervalo	Descripción o Calidad
0,001 – 0,01	Roca excepcionalmente mala
0,01 – 0,1	Roca extremadamente mala
0,1– 1	Roca muy mala
1 - 4	Roca mala
4 - 10	Roca media
10 - 40	Roca buena
40 - 100	Roca muy buena
100 - 400	Roca extremadamente buena
400 - 1000	Roca excepcionalmente buena

Fuente. Clasificaciones geomecánicas aplicadas a las obras subterráneas (Moreno E., 1981)

5.8.23. Consideración geomecánica para la aplicación de soporte-índice Q

Las rocas situadas a una cierta profundidad están sujetas a esfuerzos, resultado del peso de los estratos subyacentes, tensiones tectónicas residuales, etc. Cuando se realiza una excavación subterránea en estas rocas, el campo de esfuerzos es alterado localmente y se produce una redistribución de las tensiones originales que existen en el medio. Las tensiones que actuaban en la roca extraída para realizar la excavación de las labores mineras, se redistribuyen y deben ser soportadas por la roca que se encuentra en las proximidades de la excavación. Los procedimientos de reforzamiento de la excavación para realizar el diseño de obras subterráneas se reducen a tres:

Método empírico: se basa en las clasificaciones geomecánicas. Este procedimiento está ampliamente aceptado por su facilidad de comprensión y aplicación, al relacionar los problemas de diseño y construcción de galerías con las calidades de los macizos rocosos en los que se sitúan.

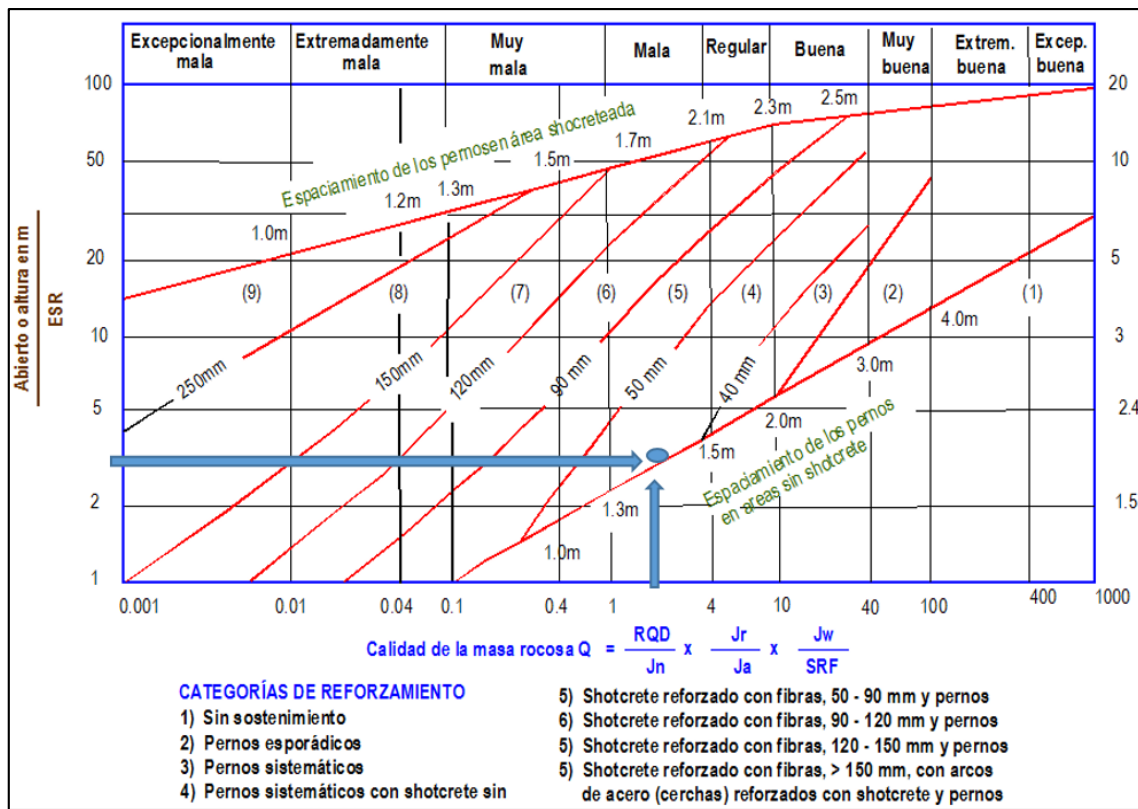
Método observacional: de carácter cualitativo, requiere de otras herramientas para realizar medidas y observaciones en la excavación. Se miden las convergencias, los desplazamientos en el interior del macizo rocoso próximo a la excavación y las tensiones y cargas sobre los sostenimientos.

Método numérico: Con el uso de modelos numéricos se pueden hacer estimaciones del estado tensional en los macizos rocosos atravesados por la excavación así como de las deformaciones producidas. La dificultad se tiene al estimar los parámetros geotécnicos de los modelos. Los tres métodos exigen una caracterización geológica y geomecánica de los macizos rocosos. Dentro de los aspectos más importantes es necesario destacar:

- Identificación del material (Litología, características resistentes).
- Estructuras del macizo rocoso (superficie de discontinuidad, estructura y dominio estructural).
- Características geomecánicas de las discontinuidades (orientación, espaciado, dimensiones, rugosidad, resistencia, apertura, relleno, circulación de agua).

Sostenimientos según Barton (1992)

Tabla 5. 21 Sostenimiento de excavaciones propuesto por Grimstad y Barton 1993.



Fuente. Clasificaciones geomecánicas aplicadas a las obras subterráneas (Moreno E., 1981)

5.8.24. Planeamiento de minado a corto plazo

Para el planeamiento de minado subterráneo en la Contrata Minera Wilsander se tomaron los siguientes criterios: Dimensionamiento de la operación; la planta concentradora tiene una capacidad de 2 TM/día. Si el presente estudio incrementa la producción mina, entonces por ende se requerirá incrementar la capacidad de procesamiento de planta.

- Tamaño de las áreas a ser minadas.
- Dimensiones del material económicamente minable.
- Optimización de la producción del mineral.
- Reducción de la dilución, para evitar las pérdidas de mineral en el desmante.
- Mejora en el sostenimiento.
- Mejora en la ventilación y ambiente de trabajo
- Límites del tajeo y mayor control en la sobre rotura
- Ley del mineral
- Costo de producción y costo de operación unitarias (por labor)

Se debe tener en cuenta también la información económica, tipo de estructura, buzamiento y otros datos de la operación.

5.9. Producción de minerales de Contrata Minera Wilsander

El Dámper realiza aproximadamente 04 viajes por cada turno considerando 04 turnos. Y también se evalúa el plan de minado mensual de la Contrata Minera Wilsander, Como se muestra en el Anexo 03.

Tabla 5. 22 Tonelaje de mineral roto y número de viajes de los 4 turnos

Turno	Perforista	Frente	Sección	Longitud	TM/día	Limpieza	Nº de viajes	Frente
mañanero	Celso	Frente Boa	Ancho:2,45 m	1,3	16,33	Guillermo	1,3	San Antón II
			Alto:1,90 m				21,229	
			Area:4,65 m ²				5	
Diario	V. Ticona	San Antón II	Ancho:1,50 m	1,3	7,89	Hernán	1,3	Frente Boa
			Alto:1,50 m				10,257	
			Area:2,25 m ²				3	
Tardero	Marcial	Frente N	Ancho:1,50 m	1,3	7,89	Chaiña	1,3	San Antón II
			Alto:1,50 m				10,257	
			Area:2,25 m ²				3	
Nochero	Braulio	San Antón I	Ancho:2,45 m	1,3	16,33	E. Ramos	1,3	Frente N
			Alto:1,90 m				21,229	
			Area:4,65 m ²				5	
4 perforaciones por día					48,44		16 viajes	
Total de TM							62,972	
Promedio							15,743	

Producción mensual: 48,44 TM * 26 días de trabajo = 1280 TM/mes.

5.9.1. Optimización de producción de minerales auríferos

De acuerdo a las estadísticas mostradas en Tabla 5.22 se observa que la producción óptima es de 1284 TM/mes durante 04 meses como pruebas,

Nos da a entender de que nos falta alcanzar a la producción óptima porque actualmente estamos produciendo 1280 TM/mes tal como se observa en la Figura 5.23.

Tabla 5. 23 Estadística de producción mensual durante 20 días en el año 2015.

Mes	Producción mensual de minerales auríferos en Contrata Minera Wilsander en 2015
Enero	1290
Febrero	1279
Marzo	1280
Abril	1290

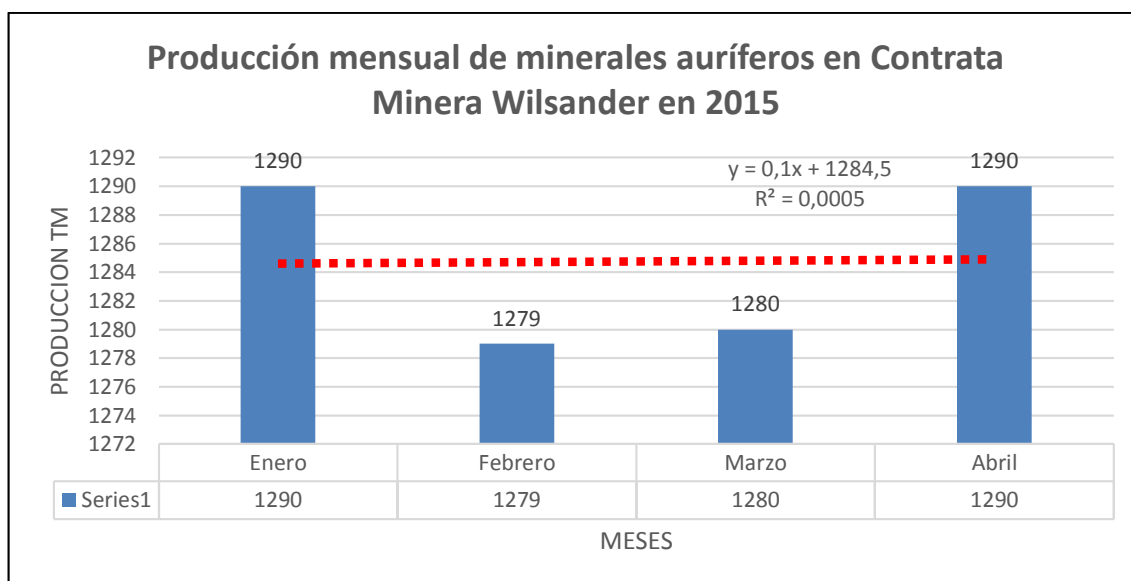


Figura 5. 18 Producción mensual de minerales auríferos en 2015

CONCLUSIONES

Se mejoró el plan de minado en la Contrata Minera Wilsander, mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso, donde se obtiene el índice Q de Barton ($Q=2,15$), calidad media tendiente a una calidad buena de acuerdo no requiere soporte. Fue determinante las pruebas de laboratorio que se realizó para caracterizar el tipo de roca en cada uno de sus frentes de explotación. Donde el avance lineal por disparo se obtenía 1m por disparo al emplear barreno de 4 pies, a partir de Enero 2015 la Contrata Minera Wilsander, obtiene 1,30m por disparo aplicando un barreno de 5 pies.

Se determinó las características de las discontinuidades en los frentes; Boa, Frente N, San Antón I y II. De la Contrata Minera Wilsander, en donde el $RQD=72\%$, la calidad de la roca es de media y el RMR se obtuvo 51% indicando el tipo de roca III, en donde las características del tipo de sostenimiento que se debe aplicar nos indica en la Tabla 5.18. Y también se determinó el índice de Q con 2.17.

Se mejoró el plan de minado al evaluar las operaciones unitarias en los frentes, Boa, Frente N, San Antón I y II. La perforación se realizaba con un barreno de 4 pies y se obtenía una producción de 35,44 TM/día. Operando con una producción según los reportes es 1280 TM/mes. En donde se trabajaba por dejado de la producción óptima. Al proponer la optimización en el año 2015 en 04 meses, se ha realizado las pruebas con equipos de perforación de 5 pies, la producción del mineral aumento a 48,44 TM/día, y la producción mensual se mejoró al 1285 TM/mes. En la Contrata Minera Wilsander.

RECOMENDACIONES

Actualmente no se realiza un mapeo geomecánico en la zona de labores de producción, se recomienda realizar permanente el mapeo geomecánico en la Contrata Minera Wilsander, para determinar la calidad y aplicar el refuerzo necesario en caso de requerirse.

Para mejorar el plan de minado actual mediante la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A. Se considera necesario implementar con equipos de carguío y reemplazar el carguío manual, el reemplazo conduciría a reducir el tiempo de carguío y una mejora en la producción.

Considerar elementos que influyen en los rendimientos subestándar de los disparos como son: la geología del yacimiento, considerar los datos geomecánicos, la falta de simetría de los taladros, falta de paralelismo, equivocada distribución de retardos, guidores inadecuados, taladros tapados, etc, factores que generan una condición no deseada que finalmente dispensa a los resultados de las voladuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C. A. & Rossi, M. E., (1996). *Método para Maximizar Ganancias en San Cristóbal*.
- Ayamamani P. C. (2016) en tesis “*Diseño de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en balcón III de la Corporación Minera Ananea S.A.*”: dela Universidad Nacional del Altiplano Puno.Perú.
- Douglas, I. H, Rossi, M. E. & Parker, H. M. (1994). *Introducing Economics in Grade Control: the Breakeven Indicator Method*. Preprint No 94-223, Albuquerque, New Mexico, February 14-17. [2]
- Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, 483 p. [3]
- Isaaks, E. H. (1990). *The Application of Monte Carlo methods to the Analysis of Spatially Correlated Data*. PhD. Thesis, Stanford University. [4]
- Journel, A. G. (1988). *Fundamentals of Geostatistics in Five Lessons*. Stanford Center for Reservoir Forecasting, Stanford, California. [5]
- Srivastava, R. M. (1987). *Minimum Variance or Maximum Profitability*. CIMM, Vol. 80, no. 901, pp. 63-68. [6]
- Goodman, R (1989) *Introduction to Rock Mechanics*. 2Ed. Wiley
- Goodman, R (1993) *Engineering Geology*. Wiley
- Goodman, R (1993) *Engineering Geology. Wiley Complementaria*
- Hoek, E (2002) *Practical Rock Engineering*. www.rocscience.com
- Brady, B y Brown, E. *Rock mechanics for underground mining*. Kluwer Ac. Publ.
- Plá Ortiz de Urbina F., Moyano E. I., Herrera H.J., Plá de la Rosa F. (2001), *curso de Evaluación y Planificación Minera*, Universidad Politécnica de Madrid,

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Cátedra de Laboreo de Minas. Madrid –España.

- Barton N. R., Lien, R. and Lunde J. (1974). *Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support, Rock Mechanics and Rock Engineering*. 6, no. 4, 189–239.
- Barton, N. (2002). *Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 39, 185–216.
- Bieniawski, Z. T. (1973). *Engineering classification of rock masses, Trans South African Institute of Civil Engineering*. 15, 335–44.
- Bieniawski, Z. T. (1976). *Rock mass classification in rock engineering, Proceedings of the symposium on explorer for rock engineering, Johannesburg*, 97–106.
- Bieniawski, Z. T. (1979). *The geomechanics classification in rock engineering applications, Proceedings of the 4th international congress on rock mechanics, Montreux*, 41–48.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications*, New York
- Wiley Chen, Z. (1995). *Recent developments in slope stability analysis, Proceedings of the 8th international congress ISRM, Tokyo*, 1041–8.
- Deere, D. U. (1963). *Technical description of rock cores for engineering purposes, Rock Mech. Eng. Geol.* 1, no. 1, 17–22.
- Haines, A. and Terbrugge, P. J. (1991). *Preliminary estimation of rock slope stability using rock mass classification systems*, In: Wittke, W. (Ed.), Proc 7th Congr on Rock Mechanics 2, ISRM, Aachen, Germany. Balkema, Rotterdam, 887–892.
- Hoek, E., Kaiser P.K. and Bawden, W. F. (1995). *Support of underground excavations in hard rock*. Rotterdam: Balkema.

- Hoek, E. (2007). *Practical Rock Engineering*.
- Laubscher, D. H. (1997). *Geomechanics classification of jointed rock masses-mining applications*, Trans Inst. Min. Metall. 86, 1–8.
- Lauffer, H. (1985). *Gebirgs klassifizierung fur den Stollenbau*, Geol Bauwesen. 24, no. 1, 46–51.
- Ochante, J. (Agosto de 2009). *Ley de corte, su cálculo y aplicaciones (Cut Off)*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/yorl10/ley-de-cut-off-ley-de-corte>
- Pantelidis, L. (2010). *An alternative rock mass classification system for rock slopes*, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 69, 29–39.
- Ponce R. (2016), *Curso - seminario de perforación y voladura de rocas*, Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería de Minas Puno-Perú.
- Robertson, A. M. (1988). *Estimating weak rock strength*, *Proceedings of the SME annual meeting*, Phoenix, 1–5.
- Romana, M. Seron, J. B. and Montalar, E. (2003). *SMR Geomechanics classification: application, experience and validation*, *Proceedings of the international symposium on role of rock mechanics*, South African Institute of Mining and Metallurgy, 1–4.
- Wickham, G. E., Tiedemann, H. and Skinner, E. H. (1972). *Support determination based on geologic predictions*, *Proceedings of the 1st North American rapid excavation tunneling conference*, New York: AIME, 43–64.

ANEXOS:

Anexo 01 Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
<p>1.- Problema General</p> <p>¿De qué manera se puede mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?</p>	<p>1.-Hipótesis General:</p> <p>La determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de las operaciones unitarias nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.</p> <p>2.-Hipótesis Específicas</p> <p>La determinación de la calidad del macizo rocoso nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?</p> <p>La evaluación de las operaciones unitarias nos permitirá el mejoramiento de plan de minado actual y lograr la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Aplicada , Descriptiva</p> <p>Nivel de Investigación</p> <p>Descriptivo y explicativo</p> <p>Metodología de Investigación</p> <p>Descriptiva</p> <p>Fases de la investigación</p> <p>Producción actual Optimización propuesta</p> <p>Población Base de Datos de medición de calidad de macizo rocoso y operaciones unitarias</p> <p>Muestra: Tamaño de muestra conociendo el tamaño de la población.</p> $n = \frac{(Z^2 c)(P)(Q)}{D^2}$ <p>Dónde:</p> <p>n= Tamaño de muestra N=Población Z=Nivel de confianza P=Probabilidad de éxito Q=Probabilidad de fracaso (Q=1-P) D=Precisión (Error máximo permisible en términos de proporción)</p> <p>Técnicas</p> <p>Sistematización de datos del campo.</p> <p>Evaluación de resultados Procesamiento en <i>software</i> especializado.</p> <p>Resultados obtenidos de optimización.</p>
<p>2.Problema Específicos</p> <p>¿De qué manera se puede mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?</p> <p>¿De qué manera se puede mejorar el plan de minado actual mediante la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.?</p>	<p>2. Objetivos Específicos</p> <p>Mejorar el plan de minado actual mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.</p> <p>Mejorar el plan de minado actual mediante la evaluación de las operaciones unitarias para la optimización de producción en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A.</p>	<p>Variables e indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> Variable Independiente (V.I) Mejoramiento del plan de minado mediante la determinación de la calidad del macizo rocoso y la evaluación de operaciones unitarias en Contrata Minera Wilsander de la Corporación Minera Ananea S.A. Variable dependiente (V.D) Optimización de la producción en Contrata Minera Wilsander 	

Anexos 02 Ensayo de propiedades físicas de una muestra de rocas – FIM Puno



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECAÁNICA



INFORME 040 – 2017-LG&G-FIM-UNA-PUNO.

***ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE UNA
MUESTRA DE ROCAS**

***ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE NÚCLEOS
DE ROCA**

***ENSAYO DE CARGA PUNTUAL**

SOLICITADO POR:

BACH. REYNALDO WILLIAM HUCHAMACO ALANOCA

PROYECTO:

TESIS: MEJORAMIENTO DE PLAN DE MINADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE
PRODUCCIÓN EN LA CONTRATA MINERA WILSANDER DE LA CORPORACIÓN
MINERA ANANEA S.A.

UBICACIÓN.

DISTRITO DE ANANEA, PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA, REGIÓN PUNO
– ZONA SANTA MARÍA.

MUESTRA:

C -01

FECHA

SEPTIEMBRE, 2017

Nota:

- La empresa solicitante es responsable por la toma de muestras en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.



Dr. E. Alfredo Camac Torres
JEFE DE LABORATORIO
FIM - UNA - PUNO

Dr. E. Alfredo Camac Torres
Laboratorio de Mecánica de Rocas y Suelos
Facultad de Ingeniería de Minas

Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno

Teléfono fijo: 051- 366193:

E-mail: unaminas@gmail.com

Web: <http://web.unap.edu.pe/web4/minas>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA



ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM C 97-02, obteniéndose los siguientes resultados:

Tara	Peso húmedo (g)	Peso seco parafina (g)	Peso seco + parafina (g)	Peso parafina (g)	Peso sumergido (g)	Densidad parafina (g/cm³)	Volumen parafina (cm³)	Volumen muestra (cm³)	Densidad seca (g/cm³)	Porosidad aparente (%)	Peso específico aparente (KN/m³)
M-01	251.25	251.10	262.67	11.57	160.41	0.87	13.30	88.96	2.82	0.13	27.68
M-02	228.37	228.24	236.95	8.71	144.79	0.87	10.01	82.15	2.78	0.11	27.24
M-03	255.94	255.80	264.48	8.68	162.96	0.87	9.98	91.54	2.79	0.13	27.40
M-04	226.55	226.40	233.80	7.40	143.17	0.87	8.51	82.12	2.76	0.12	27.03
M-05	233.34	233.26	241.13	7.87	147.96	0.87	9.05	84.12	2.77	0.07	27.19
Numero de resultados	4										
Valor máximo, MAX	2.82										
Valor mínimo, MIN	2.76										
Mediana, MED	2.79										
Valor promedio, MEAN	2.79										
Desviación estándar, SDEV	0.03										
Coefficiente de variación, CV	0.32										
											-1.24
											0.32



Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193
E-mail: unaminas@gmail.com
Web: <http://web.unap.edu.pe/web4/minas>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA



ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D 2938-95, obteniéndose los siguientes resultados:

ID	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Relación L/D	Carga (Kg-f)	UCS (MPa)	Tipo de Rotura	Observaciones
UCS - 01	3.86	7.5	11.70	1.9	7400.0	62.01	matriz	
UCS - 02	3.84	7.35	11.58	1.9	8970.0	75.96	matriz	
UCS - 03	3.86	7.47	11.70	1.9	10790.0	90.42	matriz	
Numero de resultados							3	
Valor máximo, MAX							90.42	
Valor mínimo, MIN							62.01	
Mediana, MED							75.96	
Valor promedio, MEAN							76.13	
Desviación estándar, SDEV							14.21	
Coefficiente de variación, CV							0.06	



Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
 Teléfono fijo: 051- 366193
 E-mail: unaminas@gmail.com
 Web: http://web.unap.edu.pe/web4/minas



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECAICA



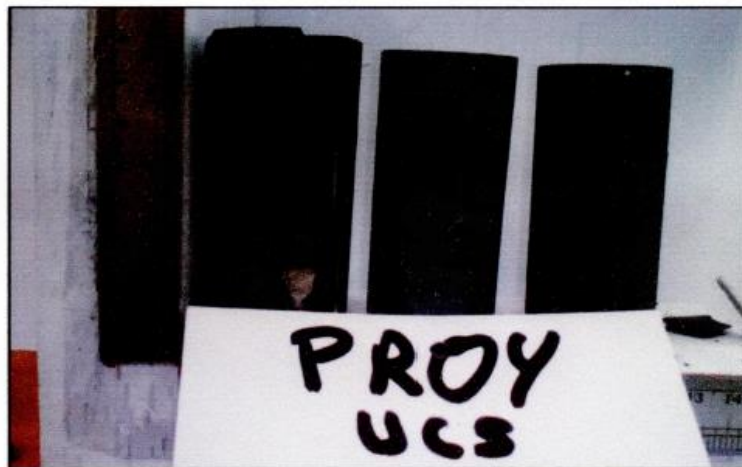
FOTOS

ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

Antes:



Después:



Dr. E. Adredo Cámac Torres
JEFE DE LABORATORIO
FIM - UNA - PUNO

Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193:
E-mail: unaminas@gmail.com
Web: <http://web.unap.edu.pe/web4/minas>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA



ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D 5731-00, obteniéndose los siguientes resultados:

ID	W (mm)	D (mm)	De (mm)	RELACIÓN (D/W)	Carga Aplicada (kN)	Factor de corrección (F)	Tipo de prueba	Is(50) (MPa)	RCS (MPa)	Tipo de Rotura	Observación
PLT-01	38.00	26.00	24.82	0.68	70.00	1.16	Axial	3.28	78.74	matriz	
PLT-02	38.00	27.00	25.25	0.71	68.00	1.15	Axial	3.09	74.23	matriz	
PLT-03	38.00	22.00	23.03	0.58	65.00	1.13	Axial	3.18	76.24	matriz	
PLT-04	38.00	25.00	24.39	0.66	71.00	1.17	Axial	3.41	81.81	matriz	
PLT-05	38.00	22.00	23.03	0.58	61.00	1.09	Axial	2.90	69.53	matriz	
PLT-06	38.00	26.00	24.82	0.68	67.00	1.14	Axial	3.08	73.90	matriz	
Numero de resultados								6	6		
Valor máximo, MAX								3.41	81.81		
Valor mínimo, MIN								2.90	69.53		
Mediana, MED								3.13	75.24		
Valor promedio, MEAN								3.16	75.74		
Desviación estándar, SDEV								0.18	4.25		
Coefficiente de variación, CV								0.01	0.01		



Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193;
E-mail: unariminas@gmail.com
Web: http://web.unap.edu.pe/web4/minas

Cc: Archivo 2017
EACT/EHT/lin

Página 5 de 5

Anexos 03 Programas mensuales e la Contrata Minera Wilsander

Programa para el mes de diciembre del 2014

Turno	Perforista	Frente	Sección	Longitud	TM/día	Limpieza	Nº de viajes	Frente
mañanero	Celso	Frente Boa	Ancho:2,40 m Alto:1,80 m Area:4,32 m ²	1	11,65	Guillermo	1,3 15,145 5	San Antón II
Diario	V. Ticona	San Antón II	Ancho:1,50 m Alto:1,50 m Area:2,25 m ²	1	6,07	Hernán	1,3 7,891 3	Frente Boa
Tardero	Marcial	Frente N	Ancho:1,50 m Alto:1,50 m Area:2,25 m ²	1	6,07	Chaiña	1,3 7,891 3	San Antón II
Nochero	Braulio	San Antón I	Ancho:2,40 m Alto:1,80 m Area:4,32 m ²	1	11,65	E. Ramos	1,3 15,145 5	Frente N
4 perforaciones por día					35,44		16 viajes	
Total de TM							46,072	
Promedio							11,518	

Programa para el mes Enero, Febrero, Marzo y Abril del 2015

Turno	Perforista	Frente	Sección	Longitud	TM/día	Limpieza	Nº de viajes	Frente
mañanero	Celso	Frente Boa	Ancho:2,45 m Alto:1,90 m Area:4,65 m ²	1,3	11,65	Guillermo	1,3 21,229 5	San Antón II
Diario	V. Ticona	San Antón II	Ancho:1,50 m Alto:1,50 m Area:2,25 m ²	1,3	6,07	Hernán	1,3 10,257 3	Frente Boa
Tardero	Marcial	Frente N	Ancho:1,50 m Alto:1,50 m Area:2,25 m ²	1,3	6,07	Chaiña	1,3 10,257 3	San Antón II
Nochero	Braulio	San Antón I	Ancho:2,45 m Alto:1,90 m Area:4,65 m ²	1,3	11,65	E. Ramos	1,3 21,229 5	Frente N
4 perforaciones por día					48,44		16 viajes	
Total de TM							62,972	
Promedio							15,743	

Plano 01 Ubicación de la Concesión Ana María I – CMASA

Plano 02 Ubicación de la Contrata Minera Wilsander

Plano 03 Geomecánico de la Contrata Minera Wilsander