

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Condiciones Geomecánicas y Relajamiento de Rocas en la Profundización de la Pampa
7040, U.E.A. Marañón 2020

Presentado por: el Bachiller

Kime Choque Huanca

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

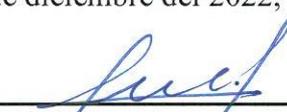
CONDICIONES GEOMECÁNICAS Y CONTROL DE RELAJAMIENTO DE ROCAS EN LA PROFUNDIZACIÓN DE LA RAMPA 7040, U.E.A. MARAÑÓN 2020

Presentado por **Kime Choque Huanca**, para optar el título de:

INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el 21 de diciembre del 2022, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Dr. Nelson Palemón Meza Peña

Primer Miembro:



Mtro. Darío Dante Sánchez Castillo

Segundo Miembro:



Dr. Walquer Huacani Calsin

Asesor:



Dr. Franklin Aguirre Huillcas

Agradecimiento

Agradecer a Dios por permitirme contar con el apoyo de mi familia en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque me enseñó a no darme por vencido ante cada obstáculo, gracias a mi asesor, el Mg. Franklin Aguirre Huillcas, por su confianza y apoyo depositado en mi persona, y por último agradecer a mi casa de estudios, la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a mis maestros por todo el esfuerzo, consejos, recomendaciones y los conocimientos brindados para afrontar cada reto que se presenta en esta nueva etapa de mi vida personal y profesional. Agradezco a la “Compañía Minera Poderosa S.A.” a la “Contrata Minera Tauro S.A.C.” Por darme la oportunidad desarrollar esta tesis

Kime Choque Huanca



Dedicatoria

A las personas que creyeron en mi desarrollo profesional, a todos ellos, en especial a mis queridos padres /Rafael Choque Pumacayo y Martina Huanca Huamani y hermanos, Frida, Rosmil, Sunilda, Florina, Lucio Merleze/ mis hijos Daivi Sloan, Esvilda, y Abdiel Fabricio por sus consejos y recomendaciones que me ayudan y motivan constantemente para poder realizar y cumplir con mis proyectos.

Kime Choque Huanca



“Condiciones geomecánicas y relajamiento de rocas en la profundización de la rampa
7040, U.E.A. Marañón 2020”

Línea de investigación: Geología, geotecnia y medio ambiente.

Esta publicación está bajo una Licencia Creativa Commons



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del Problema	4
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 Justificación de la Investigación	4
CAPÍTULO II	6
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	6
2.1 Objetivos de la investigación.....	6
2.1.1 Objetivo general	6
2.1.2 Objetivos específicos	6
2.2 Hipótesis de la Investigación	6
2.2.1 Hipótesis general	6
2.2.2 Hipótesis específicas.....	6
2.3 Operacionalización de variables	6
CAPÍTULO III	8
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	8
3.1 Antecedentes	8
3.2 Generalidades de la Investigación	9
3.2.1 Ubicación Geográfica de la U.E.A Marañón -CIA PODEROSA SA.	9
3.2.2 Concesiones Mineras	12
3.2.3 Accesibilidad	12
3.2.4 Reseña Histórica	12
3.2.5 Explotación	14
3.2.6 Geología regional del proyecto.....	16
3.2.7 Estratigrafía.....	17
3.2.8 Batolito de Pataz	19
3.2.9 Geología Local.....	19
3.2.10 Litología de las Vetas	19
3.2.11 Mineralización	20
3.3 Marco teórico.....	20
3.3.1 Clasificación de Geomecánica de Macizo Rocoso	20



3.3.2	Mecánica de rocas.....	23
3.3.3	Criterios de Excavación y Sosteniente	23
3.3.4	Relajamiento, normas ante estallido de rocas	24
3.3.5	Rampa	26
3.3.6	Campos de Aplicación Rampa Zig-Zag	28
3.3.7	Sostenimiento utilizado en la rampa 7040.....	30
3.3.8	Control de calidad después de la instalación	38
3.3.9	Malla electrosoldada.....	38
3.3.10	Costos operativos o de producción mina	39
3.4	Marco Conceptual.....	39
CAPÍTULO IV.....		42
METODOLOGÍA.....		42
4.1	Tipo y Nivel de Investigación.....	42
4.2	Diseño de la Investigación.....	42
4.3	Población y Muestra	42
4.3.1	Población	42
4.3.2	Muestra	43
4.4	Procedimiento	43
4.5	Técnica e instrumentos	43
4.5.1	Técnicas de recolección de datos.....	43
4.5.2	Instrumentos de recolección de datos	44
CAPÍTULO V		45
RESULTADOS Y DISCUSIONES		45
5.1	Causas para relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, U.E.A. Marañón	45
5.1.1	Causa de relajamiento de rocas	45
5.1.2	Descripción del inicio de eventos en la rampa 7040	46
5.1.3	Resultados después de relajamiento de rocas en la rampa 7040	47
5.1.4	Discusión de relajamiento de rocas en la rampa 7040.....	48
5.2	Control de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, U.E.A. Marañón	49
5.2.1	Descripción de construcción de la rampa 7040 nivel 1467	49
5.2.2	Evaluación las condiciones geomecánicas	49
5.2.3	Resultados de evaluación geomecánica de la rampa 7040	51
5.2.4	Discusión de evaluaciones geomecánicas de la rampa 7040.....	54
5.2.5	Pruebas para minimizar relajamiento de rocas en la rampa 7040	54
5.2.6	Análisis de perforación de taladro de alivio	56
5.2.7	Radio de plástico	56



5.2.7.1 Resultado de Radio de Plástico.....	58
5.2.7.2 Discusiones de radio plástico.....	61
5.2.8 Sostenimiento en la Rampa 7040 Helicoidales y malla 2 pulgadas * 2 pulgadas	62
5.2.8.1 Especificaciones del estándar nuevo de sostenimiento de perno helicoidal.....	62
5.2.8.2 Instalaciones de Perno Helicoidal y Malla	64
5.2.9 Instalación de intermedio con perno Split set.....	64
5.2.10 Instalación de escudo	64
5.2.11 Discusiones de Sostenimiento de la rampa 7040.....	66
CAPÍTULO VI.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	79



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables	7
Tabla 2 — Coordenadas Geográficas y UTM (DATUM WGS 84) de la Unidad Marañón – Poderosa SA.	9
Tabla 3 — Accesibilidad por Vía Área	12
Tabla 4 — Accesibilidad por Vía Terrestre.....	12
Tabla 5 — Columna - estratigrafía de la región de Pataz.....	18
Tabla 6 — Parámetros geotécnicos del macizo.....	21
Tabla 7 — Cartilla Geomecánica	22
Tabla 8 — Tipo de sostenimiento.....	22
Tabla 9 — Grado de intensidad del evento	25
Tabla 10 — Sección de labor y las longitudes del Split set a instalar	36
Tabla 11 — Formato como llenar los eventos de relajamiento de rocas.....	47
Tabla 12 — Tabla geomecánica indicando en que ubica la labor	52
Tabla 13 — Clasificación geomecánica	53
Tabla 14 — La longitud del perno helicoidal según la sección.....	63
Tabla 15 — Cantidad de cartuchos de cemento y resina por taladros.....	63
Tabla 16 — Dimensiones de perno helicoidal.....	67
Tabla 17 — Dimensiones de tuerca de fijación.....	68
Tabla 18 — Dimensiones de placa de sujeción	68
Tabla 19 — Características del producto.....	70
Tabla 20 — Propiedades de Split set.....	71
Tabla 21 — Dimensiones de Split set.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Ubicación y localización de la U.E.A. Marañón.....	10
Figura 2 — Ubicación de la Empresa Monera Poderosa S.A.	11
Figura 3 — Ubicación de la U.E.A Marañón.....	11
Figura 4 — Condiciones que se favorecen la ocurrencia de los eventos de estallido de rocas	25
Figura 5 — Instalación de pernos helicoidales malla 2x2, sección de la longitud 3 m x3 m .	32
Figura 6 — Detalles de instalación de pernos helicoidales	32
Figura 7 — Detalles de instalación de pernos helicoidal	33
Figura 8 — Instalación de pernos helicoidales de 5,6y7 pies	33
Figura 9 — Malla electrosoldada de sección 2 m x 2 m con perno helicoidal.....	33
Figura 10 — Traslape de las mallas con su perno helicoidal	34
Figura 11 — Detalle de instalación de perno Split set según sección de la labor	35
Figura 12 — Pernos Split set con medidas estándares	37
Figura 13 — Instalación de perno Split set, sección de la labor 3,0 x 3,0 metros	37
Figura 14 — Malla electrosoldada 2 pulg x 2 pulg estándar.....	38
Figura 15 — Mecanismo de relajamiento de rocas	46
Figura 16 — bloque de la rampa 7040 para monitorio de relajamiento.....	46
Figura 17 — Relajamiento de rocas en la rampa 7040	47
Figura 18 — Diferentes posiciones del foco o fuente, y su impacto.....	48
Figura 19 — Estallido de rocas	49
Figura 20 — Falla de la labor rampa 7040.....	50
Figura 21 — Estallido de rocas	50
Figura 22 — Factures influyentes	51
Figura 23 — Curvas de evaluación de rocas	54
Figura 24 — Plano de prueba de perforación en la labor.....	55
Figura 25 — Perfil de convergencia.....	57
Figura 26 — Radio plástico en granodiorita y monzogranito en 3m x 3m	57
Figura 27 — Esquema de pernos.....	58
Figura 28 — Deformación en excavación 3.0 x 3.0 en calidad de roca IIIB	59
Figura 29 — Estimación de desplazamiento de cierre / máximo desplazamiento de cierre	60
Figura 30 — Estimación desplazamiento de cierre	60
Figura 31 — Falla del perno tensionado por corte con placa de ejecución.....	61

Figura 33 — Diferencia de desplazamiento de la excavación con perno sin placa y con placa de Ejecución	61
Figura 33 — Presión interna se soporte crítico y desplazamiento de cierre de excavación....	62
Figura 34 — Realizando el sostenimiento en la rampa 7040.....	65
Figura 35 — Encargado de operación verificando el sostenimiento en la 7040.....	65
Figura 36 — Avance de la rampa 7040.....	66
Figura 37 — Perno helicoidal	67
Figura 38 — Tuercas helicoidales.....	67
Figura 39 — Placas de sujeción	68
Figura 40 — Cartucho de resina.....	69
Figura 41 — Relación de diámetros	69
Figura 42 — Tiempo de fraguado de resina.....	70
Figura 43 — Cartucho de CEN COM (cemento).....	71
Figura 44 — Pernos Split set.....	71
Figura 45 — Charla de seguridad, sobre procedimiento escrito de trabajo seguro.....	87
Figura 46 — Plano geomecánico NV 1467 RP 7040.....	88
Figura 47 — después del evento de relajamiento de rocas por el hastial RP 7040	89
Figura 48 — Realizando perforación, para colocado escudo en el frente de la labor	89
Figura 49 — Realizando perforación, para colocado escudo en el frente de la labor RP 7040	90
Figura 50 — En la bocamina Estrella, antes de ingresar al Rampa 7040 nivel 1467.....	90



INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es demostrar que la situación adversas en el avance de la profundización de la rampa 7040, se ha producido inconvenientes, debido al estallido de rocas la misma que afecta en su avance lineal por lo que se ha realizado esta investigación titulada: “Condiciones Geomecánicas y Control de Relajamiento de Rocas en la Profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.” para ello se ha tomado los diferentes datos necesarios para esta investigación como: radio de plasticidad, estabilidad de macizo rocoso, mapeo geomecánico, y realizar perforaciones de taladros de desviación para la liberación de energía acumulada el cual produce el estallido de rocas provocando daño de los materiales, accidentes del personal que labora y como consecuencia de ello paralización en su construcción.

El trabajo de tesis comprende el siguiente esquema:

Capítulo I: Se desarrolla una breve descripción del problema actual en los estándares de perforación y voladura, que justifica la necesidad de encontrar porqué el trabajo.

Capítulo II: En este capítulo se definen las variables y operacionalización de las variables (variable independiente y dependiente), objetivos, procedimientos de la investigación.

Capítulo III: En el marco teórico se consideran las bases teóricas en la construcción de la rampa, los aspectos de las operaciones unitarias que se aplica y marco conceptual en donde se definen las palabras importantes relacionados con condiciones geomecánicas y relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040.

Capítulo IV: En este capítulo se definen el tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, procedimientos. Técnica e instrumentos de la investigación.

Capítulo V: En este capítulo se describen resultados del trabajo se trata del análisis de los costos y estándares con condiciones geomecánicas y relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, como también el aspecto geomecánico que es muy importante en el desarrollo de procesos mineros en labores subterráneas.

Capítulo VI: El último capítulo se dan las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos del trabajo y los anexos.



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general, determinar las condiciones geomecánicas que producen relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020, se utilizó la siguiente metodología: el tipo de investigación es cuantitativa, descriptivo y diseño aplicativo transeccional, correlacional y causal, la técnica utilizo el registro de monitoreo de eventos de relajamiento de rocas, cuestionario para ambas variables, la población se constituye no probabilística intencional, conclusión principal son las condiciones geomecánicas que se presenta en la rampa 7040 en las rocas granitos y granodioritas de tipo IIIB RMR 41-50 y GSI F/R no presenta fracturas influentes de sistema de fallamiento paralelos al eje de labor formando una orientación NW-SE con buzamiento a mayor de 80° formando cuñas en la corona de labor, además las fallas se caracterizan por ser cerradas no hay presencia de agua, se ha determinado las causas de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040 U.E.A. Marañón, esto ha generado ambientes de incremento de altos esfuerzos, se produce cuando hay movimientos sísmicos por condiciones naturales o provocados por el hombre con liberación de fuente de energía, transmiten ondas de compresión y al ser reflejadas producen ondas de tracción originadas en cualquier instante y posición, perforar 10 pies en los extremos superiores de la corona a 45° grados, en el tope de labor, colocar carga de 500 gr. de explosivo Emulsión de 3000 para liberar energía de onda de compresión estos disparos no dañan ni debilita el sostenimiento de la rampa, sostenimiento con pernos helicoidales de 7 pies intermediado con pernos de Split set de 5 pies, colocado con malla 2 pulgadas por 2 pulgadas además también se coloca escudo al frente de labor con pernos Split set de 5 pies y malla 4 pulgadas por 4 pulgadas por cada guardia.

Palabras clave: *Condiciones geomecánicas, relajamiento de rocas, profundización de rampa.*



ABSTRACT

Present research the general objective was determined. Determine the geomechanical conditions that produce rock relaxation in the deepening of Ramp 7040, UEA Marañón 2020. The following methodology was used: the type of research according to the information is quantitative, it will be descriptive and a causal correlational transactional application design, the technique used is the monitoring record of rock relaxation events, a questionnaire for both variables, the population is constituted non-probabilistic intentional. The main conclusion was that the geomechanical conditions presented in the 7040 ramp in the rocks granites and granodiorites of type IIIB RMR 41-50 and GSI F/R present without influencing fractures of the fault system parallel to the axis of the work forming a NW- orientation SE with a dip greater than 80° forming wedges in the crown of the work. In addition, the faults are characterized by being closed, there is no presence of water. The causes of rock relaxation in the deepening of the 7040 UEA Marañón ramp have been determined, this has generated in environments of increased high stress occurs when there are seismic movements due to natural conditions or caused by man with release of energy source, They transmit compression waves and reflect traction waves originating at any time and position. Drill 10 feet in the crown on both sides at 45° degrees at the top of work place a load of 500 gr. of explosive Emulsion of 300 to release compression wave energy. These shots do not damage or weaken work support. Support with 7-foot helical bolts intermediated with 5-foot Split set bolts, placed with 2-inch by 2-inch mesh. In addition, a shield is also placed in front of the work with 5-foot Split set bolts and 4-inch by 4-inch mesh for each guard.

Keywords: *Geomechanical conditions, rock relaxation, ramp deepening*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La compañía Minera Poderosa S. A en la actualidad realiza sus operaciones en la profundización de la Rampa 7040 con el fin de construir galerías, cruceros, cámara de apilamiento de minerales y desmonte; y continuar con las exploraciones con el único propósito de alargar la vida útil de la mina.

La profundización de la RA 7040 se inicia en setiembre del 2020; desde la CR N1 en el nivel 1467 a 50 metros de avance de la RA 7040 surgieron problemas como la ocurrencia el relajamiento de rocas con categorías calificadas como (leve, regular, fuerte y muy fuerte) esto ocurre frecuentemente por lo que es necesario el registro de monitorio pormenorizado para saber cuánto tiempo y frecuencia ocurre los eventos y controlar. Estos inconvenientes retrasan el avance de la labor desestabilizando horas de trabajo y pone riesgo la integridad de los trabajadores en dicha labor y los contornos. Este fenómeno ocurre cuando el macizo rocoso, con características rígidas, sometida a elevadas presiones al no poder estabilizarse lo suficiente empieza lentamente almacenar energía deformante, según a la plasticidad de roca, llegando a un punto crítico donde se genera una liberación de energía, desde leve hasta muy fuerte pudiendo llegar a estallido de rocas.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las condiciones geomecánicas que producen relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020

1.2.2 Problemas específicos

- Cuáles son las causas de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.
- De qué manera se puede controlar relajamiento de rocas en profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.

1.3 Justificación de la Investigación

El motivo para desarrollar la presente investigación se debió a que los “relajamientos de rocas” son eventos cada vez más frecuentes en la profundización de la Rampa 7040. Uno de los mayores problemas que se enfrenta es la pérdida de materiales, accidente con el personal que trabaja en dichas labores, pérdida de horas hombre y demora el avance de construcción de la rampa 7040. Igualmente incrementa los costos de la operación.



En esta investigación se realizará un análisis sobre la ocurrencia de relajamiento de rocas en la profundización de la RP 7040 en la U.E.A. Marañón. En el nivel 1467.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar las condiciones geomecánicas que producen relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.

2.1.2 Objetivos específicos

- Analizar las causas de relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa Negativa 7040, U.E.A. Marañón 2020.
- Controlar el nivel del riesgo en relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.

2.2 Hipótesis de la Investigación

2.2.1 Hipótesis general

Las condiciones geomecánicas producen relajamiento de rocas, en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.

2.2.2 Hipótesis específicas

- Existen causas para relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.
- Se controla relajamiento de rocas de la profundización de la Rampa 7040.

2.3 Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se describen las variables independientes y dependiente con sus correspondientes indicadores e índice.



Tabla 1— Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índices
Independiente Condiciones geomecánicas	Características de macizo rocoso	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de la roca intacta • Índice RQD • Clasificación Geomecánica (RMR, Q) • Propiedades de resistencia del macizo rocoso 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeo geomecánica • RQD (%) • RMR (clase y calidad) • Q (cualitativa) • Resistencia a compresión simple (MPa) • Resistencia a tracción (MPa)
Dependiente relajamiento de rocas	Relajamiento de rocas y riesgos Control de relajamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de relajamiento de rocas • Evaluación de la inestabilidad de rocas • Sostenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de relajamiento de rocas • Cantidad de zonas inestables • Cantidad de instalación de pernos de anclaje

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

a) A Nivel Internacional

En el trabajo de investigación “Metodología para la Evaluación del Potencial de Estallido de Rocas y Diseño de Soporte Dinámico en Túneles mediante modelamiento Numérico” concluye que el análisis del potencial de estallido de roca se determinó que existe un alto grado de ocurrencia de estos eventos con una intensidad violenta para cada geometría analizada que fueron las siguientes circular, herradura, cuadrada, herradura con arco invertido, elipsoidal y tabular (AGUILERA TIZNADO, y otros, 2018)

En el boletín del “fenómeno de estallido de rocas en mina el teniente” confluye el fenómeno de estallido de rocas no presenta un comportamiento definido antes de manifestarse. En cierto caso se produce un incremento de la actividad sísmica, para luego generarse un evento con al nivel de daños. (CAVIEDES ROJAS, y otros, 1990 pág. 8).

b) A Nivel Nacional

Prevención de accidente por el Estallido de Rocas en la Construcción de Túneles y Labores Subterráneas Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Indica en su trabajo de investigación que el origen de los estallidos de roca, son descargas inestables de energía potencial de la roca del alrededor de las excavaciones. La otra opción es que los cambios producidos por la voladura esto activan los eventos sísmicos que se generan usualmente de la energía de deformación producida por las diferencias geológicas en el estado esfuerzo (TAPIA MEDINA, 2015 pág. 6).

Prevención de accidentes por el estallido de rocas en labores de la mina casapalca del año 1980 al 2015, plantea la solución que este problema es buscar formas la liberación de esta energía anticipadamente de tal forma que no ocasione accidentes y pérdidas de vidas humanas o materiales. (MEDINA TAPIA, 2015 pág. 14).

El resultado operativo nos permite conocer si estamos adelantados o atrasados según al tiempo, analizar si estamos ganando o perdiendo y por qué, el método del resultado operativo es una herramienta de control que nos permite reconocer y





Figura 1— Ubicación de localidad de la U.E.A. Marañón

A continuación de muestra la ubicación de Unidad Marañón – Cia Minera Poderosa SA.

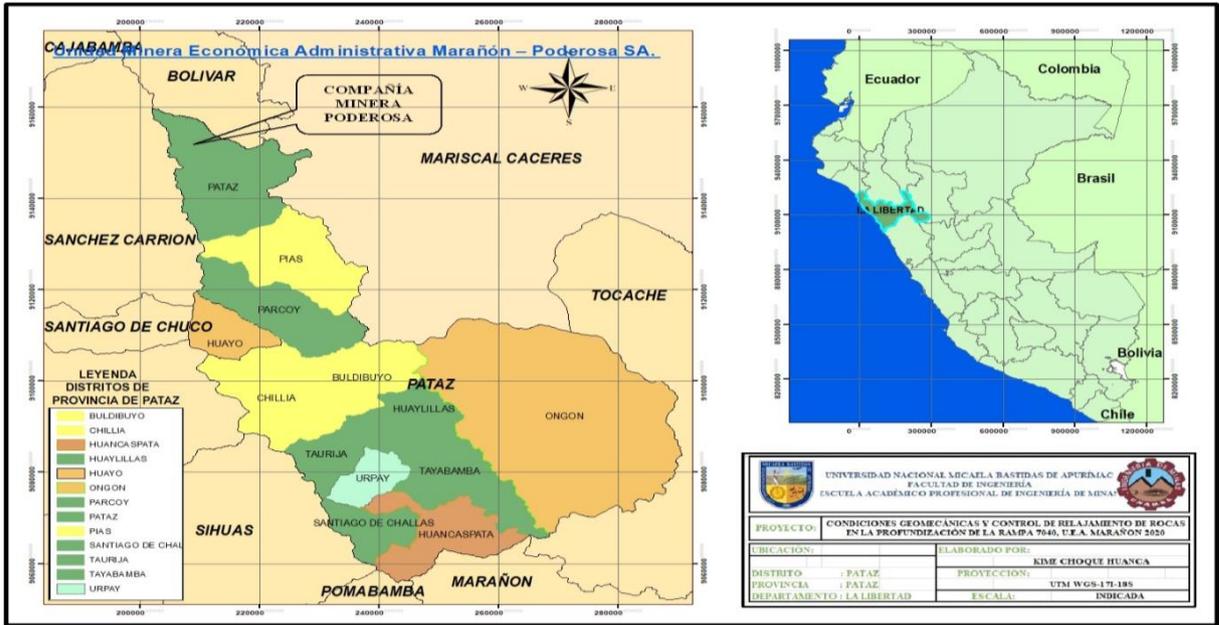


Figura 2 — Ubicación de la Compañía Minera Poderosa S.A., U.E.A. Marañón

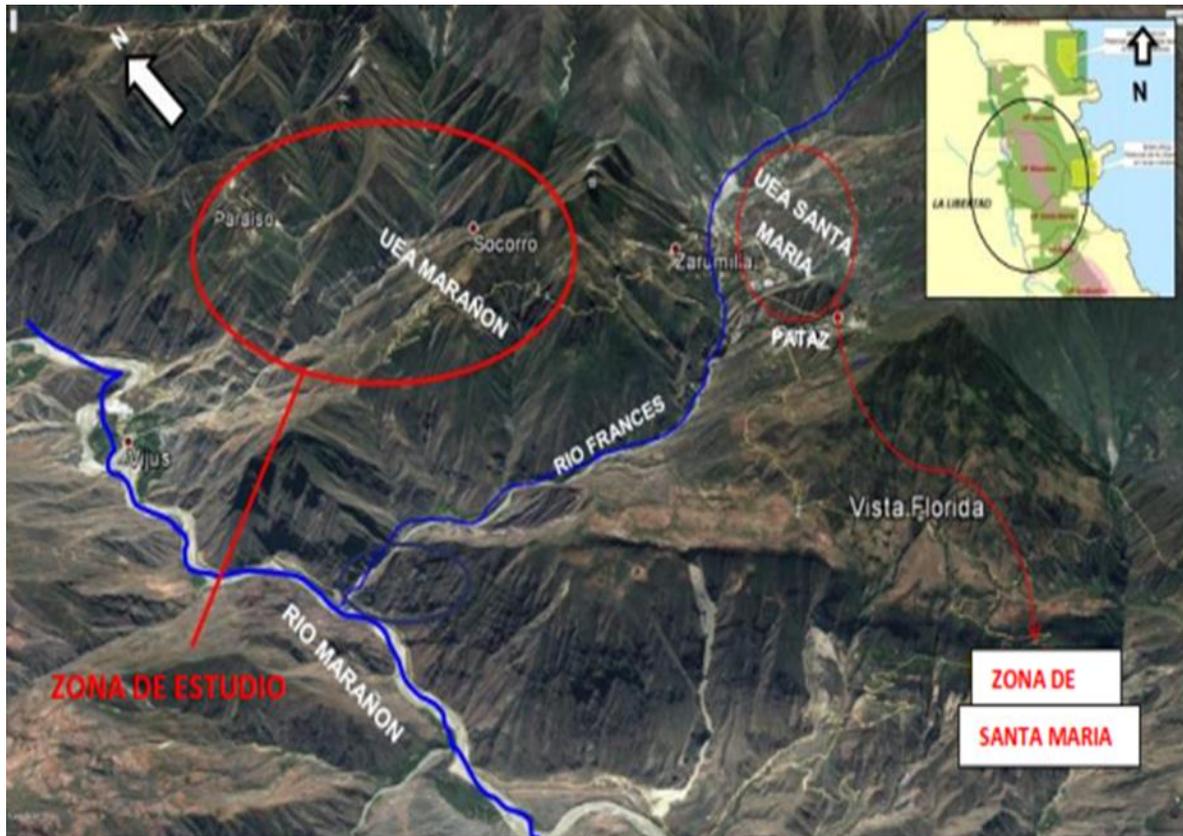


Figura 3 — Ubicación de la U.E.A Marañón de compañía Cia minera poderosa S.A
 Extraído de Google Earth

En la figura 3 indica la ubicación de la Unidad Económica Administrativa de la Compañía Minera Poderosa Proyecto Marañón donde se realizó la investigación de tesis.

3.2.2 Concesiones Mineras

La concesión abarca 114,010 hectáreas que administra compañía minera Poderosa desarrolla sus trabajos en 263 derechos mineros, están agrupados en 18 Unidades Económicas Administrativas – UEAs y 154 concesiones sin UEAs. Las operaciones de explotación se desarrollan mayormente en la unidad Marañón y santa María ambas en Pataz región la Libertad, que comprende 11 derechos mineros y 6,383 hectáreas. Y UEAs con 14 concesiones y 5,379 hectáreas.

3.2.3 Accesibilidad

Para poder acceder a la Unidad Marañón – Cía. Minera Poderosa SA.

Tabla 3 — Accesibilidad por Vía Área

Tramo	Tiempo (Horas)	Distancia (km)	Observaciones
Lima - Trujillo	1.20	860	Vuelo Charter
Trujillo - Chagual	0.583	300	Vuelo Charter

Tabla 4 — Accesibilidad por Vía Terrestre

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (Horas)	Observación
Lima - Trujillo	562.00	9.00	Asfaltado
Trujillo - Huamachuco	8.44	4.00	Asfaltado
Huamachuco - Poderosa	181.00	12.00	Trocha

3.2.4 Reseña Histórica

En 1977, los geólogos Sologuren y Samaniego, analizaron y validaron el potencial minero en Pataz, un año después Jesús Áreas decidió invertir en el rubro de la minería aurífera, en 1980, se formó la compañía minera Poderosa en el registro de sociedades mineras del registro público de minería. Actualmente, es una de las firmas más sólidas en el sector.

La historia de la empresa inicio cuando Jesús Arias Dávila designa a dos geólogos para constatar factibilidad y riqueza de Poderosa: Walter Sologuren y



Alberto Samaniego, junto a los estudiantes de geología Marco Antonio Augusto y Pablo Catteriano.

El viaje se realizó de Lima a Trujillo y atravesaron Huamachuco y Chagual, hasta donde estaba la construida la carretera. Luego continuaron a pie, en ocasiones por el río con el agua hasta el pecho o por la rivera continuaron hacia Vijus cargados con mochilas, carpas y equipamiento.

En Vijus, Wilder Lozano se incorporó a la expedición y se organizaron en dos grupos, de acuerdo a la zona de trabajo: Adilia (en la actualidad la Lima Gemina) y el tingo (hoy techo Karola) zona Estrella.

De esa forma ambos grupos descubrieron afloramiento y estructuras mineralizadas que constatan la continuidad de la zona mineralizada de Pataz, comprobando la riqueza Poderosa. Posteriormente el 19 de diciembre de 1977 entregaron su informe concluyente que de la concesión Poderosa Valía la pena.

De esta forma, la Compañía Minera Poderosa se constituyó en Perú el 5 de mayo de 1980 y tiene por objetivo principal la explotación, extracción, precipitación y fundición de oro, actividades que se realiza en la provincia de Pataz, Región la Libertad.

En la actualidad la Compañía Minera Poderosa continúa con sus estrategias orientadas al crecimiento mediante el desarrollo de nuevas unidades productivas, así como la búsqueda constante de nuevos proyectos de exploración, infraestructura, plantas y equipos. Debemos descartar que la Minería en Poderosa continúa financiando su crecimiento con recursos propios y de terceros.

Se puede ver que el volumen de venta de oro en los meses de octubre y diciembre fue de 59119 onzas, es decir 13,1% mayor en comparación al último semestre del 2019 y para el mismo periodo 2020 incrementa planta mostro un crecimiento de 19,2%, explico Poderosa.

Igual forma en actualidad se analizaron la producción proveniente de las segmentos vetas techo Karola (17%), glorita (16%), Jimena (5%), La Lima (5%), y otras vetas (11%) y más el volumen producido por la minería artesanal (42%), total de la mina.

Minera Poderosa estima que un cierre de obras en proceso se culmina en las ejecuciones 2019 – 2020 saldo el proyecto lavasen, si estima terminar en el 2021,



el objetivo del proyecto lavase es lograr la autonomía energética (CIA MINERA PODEROSA S.A., 2019 pág. s/n).

3.2.5 Explotación

Los cambios en su geometría mineralizada fundamentalmente en ley, potencia, rumbo, buzamiento que esta entre 0 a 40° y la estabilidad de la roca encajonante, son las propiedades que ha tenido en cuenta para la selección del método corte y relleno ascendente y el de lonjas verticales combinados cámaras y pilares, en las vetas Jimena y Glorita 2 se usó relleno hidráulico y en las vetas Choloque y techo Karola relleno detrítico.

Las franjas verticales (short wall), está en función a la perforación taladros de corte en cuadrados para cada cuadro de madera a lo largo de una franja en la dirección del buzamiento de la veta, para luego realizar una voladura controlada, el soporte se realiza colocando puntales con Jack Pot, cuadros, relleno detrítico y cribbing. Este método de explotación se aplica en retirada, de N a S con las siguientes secuencias.

- **Perforación**

Se realiza convencionalmente con la perforadora Jack leg con barreno de avance normal de 3, 4, 6 pies para las vetas con potencia mayor de 1.00 m y con barreno de avance chica en las vetas de potencia a menor de 1.00 m, los taladros se realizan para una malla de 1.50 m x 1.50 m a lo largo de la veta en retirada (CIA MINERA PODEROSA S.A., 2018 pág. 2).

- **Voladura**

“Es controlada para evitar la desestabilidad la caja techo y desestabilización del soporte de madera, y se utiliza explosivos como emulsiones iniciadas por el medio de fulminante, mecha y conectores” (CIA MINERA PODEROSA S.A., 2018 pág. 2).

- **Limpieza**

“La limpieza de tajos y subniveles se realizan con winches eléctrico de rastrillaje para acumulación mineral en cámara de donde se realiza el transporte de mineral con equipos trackless de bajo perfil o en tolvas que descarga en carros mineros” (CIA MINERA PODEROSA S.A., 2019 pág. s/n).



- **Sostenimiento**

Se realiza en los tajos con, cuadro de maderas, puntales de jack pot, cribbing, malla electrosoldada, Split set, relleno hidráulico.

- **Extracción**

La extracción se ejecuta desde las cámaras de acumulación de cada tajo a las tolvas, de forma convencional y mecanizada que son: locomotoras a batería y con línea trolley, dumpers. scoops,

- **Transporte de minerales y desmante**

Transporte de mineral se realiza de la tolva RC 6 nivel 1467 al echadero OP 4 se emplea la locomotora de allí el acarreo se realiza con volquetes hasta la planta de tratamiento de Marañón, de la misma forma se transporta con la locomotora el desmante de la tolva RC 7 del nivel 1467 a la desmontara II ubicado en la superficie.

- **Proceso de minado**

El ciclo de minado sea programado para el año 2021 a cumplir los objetivos trasados.

- Asegurar el cumplimiento de producción anual de (1661,54) onzas de oro
Mediante la extracción de 432 000 toneladas de mineral a la planta de Marañón, con la ley promedio de 8,85 g Au/TM
- Cumplir con los programas anuales de avance lineal de 15 883 m para cubrir y remplazar el mineral extraído y aumentar las reservas.

- **Procesamiento**

En la planta se recupera el oro por el método de cianuración y/o con cianuración directa. La capacidad de la planta de tratamiento es de 1200 Ton/día.

El producto obtenido solución rica en Au, es procesado a través del proceso Merrill Crowe. el Au es precipitado con Zn en polvo hasta obtener el producto final llamado DORE, y su posterior comercialización. La recuperación que se obtiene en la planta está por encima de 90%, los residuos están almacenadas en las canchas de relave, donde se controlan todos los efluentes que se pueden generar para evitar la contaminación.

- **Comercialización del oro**

Compañía Minera Poderosa S.A. exporta su producto a refinerías en el extranjero, como Johnson Matthey Limited en Canadá, en los contratos



determinan los términos de condiciones de la forma de pago. Estos contratos no tienen fecha de vencimiento y toda modificación es realizada previo acuerdo entre ambas partes.

3.2.6 Geología regional del proyecto

La geología de la zona de Pataz está compuesta de diferentes series de basamiento con metamorfismo de bajo grado del proterozoico y paleozoico inferior a terciario inferiores con rocas volcánicas- elásticas casi sin deformar el terciario superior.

Este basamiento está incluido dentro de batolito de Pataz a lo largo de toda la zona fracturada. La formación de batolito de Pataz en era paleozoico de alrededor de 300 millones de años del carbonífero superior. La fractura que dio origen a estas pulsaciones magnéticas fue en tipo inverso, producto de esfuerzos de compresión de la tectónica de placas (la placa oceánica y oriental), la inyección de magma que fue rellenado a esta falla con rumbo Norte Sur fue predominante de calco alcalino (granodiorita).

a) Complejo Marañón

Esta presente a lo largo del valle del río Marañón hace como la margen derecha del río LLacuabamba – Parcoy, es una secuencia polimetamórfica que presenta diferentes estilos estructurales caracterizado por polifases de fuerte deformación, está formado por 3 unidades discretas en el orden decrecimiento en edades.

Mica esquisto, que yacen en el fondo del complejo

Meta volcánico

Filitas de naturaliza turbidita

Todo este paquete metamórfico regional alcanza 1km de espesor en promedio, la edad asignada a este complejo se puede determinar con los analices desarrollados por K/Ar en 600 Ma al pre-cambriano para principal deformación regional.

b) Formación Contaya

De edad ordovícico, yace sobre el complejo Marañón en desconformidad angular (Wilson y reyes 1964), entre los 200 y 600 m. de espesor que se naturaliza cilise-clástico se puede determinar una succión de cuarcitas masivas, areniscas oscuras, lutitas en menor proporción calizas,



c) Volcánico

Presenta amplia distribución en las partes del área de estudio, al este del batolito se ven los afloramientos de los piroclastos y derrames volcánicos de composición riolítico a andesítico, de edad carbonífero pérmico.

d) Grupo Mitu

En el pérmico superior se produce una intensa erosión de las áreas levantadas durante la fase tardihercinica, produciéndose el relleno de las zonas negativas con secuencias de molasas rojas las cuales fueron transportados por agentes fluviales este grupo se presenta como remanentes volcánicos compuestos principalmente por tufos u aglomerados riolíticos de edad pérmico superior. Aflora en la zona de Pilancones, Pampa Espino (Potacas), el color predominante es el rojo ladrillo. Este fracturamiento y volcánico caracteriza un régimen de distensión en todo el planeta a fines de paleozoico y comienzo de mesozoico.

e) Grupo Pucara

“Producto de una sedimentación marina, está conformada por secuencia de calizas grises y carbonosas, con presencia de nódulos de chert, calizas intercaladas con lutitas, dolomitas, margas y areniscas calcáreas” (COBA TERAN, 2017 pág. 30).

f) Formación Chota

Está conformado por una serie de cobertura de ambiente continental que aflora en el sector este de la zona de trabajo, como capas rojas meclado por aglomerados, arenisca, lutitas y limonitas de color rojo intenso, yace en discordancia erosionar a la formación Crisnejas. Se le asigna una edad Albiano medio, aflora ampliamente en la zona Pampa Espino, en el cerro piletas, al NE y SW de la zona de estudio (COBA TERAN, 2017 pág. 31).

3.2.7 Estratigrafía

La columna estratigrafía de la provincia de Pataz, comprende en general varios miles de metros de rocas cuyas edades están comprendidas entre el pre cambriano y el terciario superior, estando poco desarrollados los depósitos cuaternarios.

La estratigrafía de la zona de Pataz está conformada por rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivos.

Los depósitos aluviales están localizados en las quebradas y faldas de los cerros



Tabla 5 — Columna - estratigrafía de la región de Pataz

COLUMNA ESTRATIGRAFIA									
ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITO ESTRATIG.	ESP. m.	LITOLOGIA	DESCRIPCION DE LAS FACIES	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATER.		HOLOCENO	FLUVIAL COLUVIAL ALUVIAL	100 m.		CLASTOS (BLOQUES, CANTOS, ARENAS, LIMOS, AROLLAS), CANCHALES, DERRIBIOS, ALUYONES	STOCKS PORFIRITICOS, MUCHOS DE ELLOS SON DE COMPOSICION GRANODIORITICA A MONZONITICA, ALGUNOS SON TONALITICOS	
			PLEISTOCENO	ELUVIOGLACIALES		MORRENAS, CONGLOMERADOS			
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	SANTO NIANO	FORMACION CHOTA	200 m.		LUTITAS INTERCALADAS CON ARENSCAS LIMONITAS EN PAQUETES GRESOS COLOR ROJO		
			ALVIANO MEDIO	FORMACION CRISNEJAS	200 m.		CALIZAS MACISAS INTERCALADAS CON MARGAS DE COLOR GRIS		
		INFERIOR	NEOCO NIANO	FORMACION GOLLARISQUIZGA	50-150 m.		ARENSCAS Y CONGLOMERADOS DE COLOR BLANCO		
	JURASICO	LIAS TKSUPERIOR	SINENURIA NORIANO	GRUPO PUCARA	300 m.		CALIZAS DOLOMITAS INTERCALADAS DOLOMITAS Y CALIZAS DE COLOR GRIS CLARO A GRIS NEGRO SKARN LA ESTRELLA		
PALEOZOICO	PERMICO	SUPERIOR		GRUPO MITU	300 m.		ARENSCAS CONGLOMERADAS INTERCALADAS CON LUTITAS LIMONITAS Y ARENSCAS CON MATRIZ ARENOSA TOBACA EN SU BASE		
		INFERIOR							
	CARBONIFERO	SUPERIOR		VOLCANICOS LAVASEN	100 m.		PIROCLASTOS, RIOLITAS, RIODOCTAS, COLADAS DE LAVAS AODAS Y ANDESITAS		
PRE-CAMBRIANO				ROCAS METAMORFICAS DEL COMPLEJO MARANON	FILITAS		FILITAS, PIZARRAS		
			METAVOLCANIC			META-ANDESITAS RIODOCTAS RIOLITAS			
			MICA ESQUISTOS		200 m.	MARGAS-MICAESQUISTOS (SERIOTAESQUISTOS) INTERCALADOS POR TOBAS CUAROTAS			

Extraído de Ingemmet modificado por Alvares (2010)



3.2.8 Batolito de Pataz

El principal cuerpo intrusivo de la región constituye el llamado batolito de Pataz. Los afloramientos de este complejo ígneo cubren un área aproximadamente de 200 km² conformando una franja de más de 80 km de largo, teniendo una forma de lenticular en sus extremos Sur y Norte, con un ancho variable que va de 3 a 8 km, con una orientación de N20°-30°W. La forma de los afloramientos es en general alargada y lenticular, paralela a la dirección andina.

El batolito está controlado por dos grandes fallas regionales una al Nor-Este que la pone en contacto con el complejo Marañón, formadas por pizarras que corresponden a la formación Contaya, metamorfismo con presencia de piritita fina, se observa también filitas siendo las rocas más antiguas que presentan cierto metamorfismo de contacto, la otra falla se ubica Sur-Oeste pone al contacto con rocas de paleozoico y mesozoico de la formación chota.

Dicho batolito tiene una dirección de N 30° W, controlado con cizallas marginales y cabalgamiento de geometría listrica, la localización de oro a escala local y regional se atribuye a zonas de dilatación de orientación predominante NW- SE.

3.2.9 Geología Local

La mina Papagayo aloja distintas vetas: Mercedes, clorita, La Lima, Jimena, Carmela, Pajilla, Clorita 2 etc. Y la Mina Tingo vetas: Choloque, techo karola, karola. En actualidad en mina papagayo está explotando las vetas. Jimena, Pajilla, Clorita 2, La Lima. Y la mina Tingo vetas: techo Karola, Choloque, Karola.

a) Las Vetas

Las vetas Clorita 2, La Lima y Jimena, son las mismas características y generalmente tienen un rumbo N-NW con buzamiento de 0° a 35°, la extensión en el rumbo es de 450 m a 550 m, la potencia varía de unos centímetros hasta con un promedio de 2 m y 12,00 g. Au/TM la alteración típica predominante es la filita con bordura externa prolitilica.

3.2.10 Litología de las Vetas

La litología predominante es granodiorita y monzogranito, los ore shoots muestran una geometría irregular elíptica. Los valores más altos se encuentran cuando la superficie de la veta muestra asperidades, así como la intersección de fracturas con azimut 115° con 45° si bien, gran parte coincide con los valles



también ocurren en los picos. Es claro que la relación potencia ley no es directa, ya que se bien gran parte de los mayores espesores se encuentran al interior de ore shoot, muchas otras zonas muestran potencia alta con valores bajos de oro, sobre el nivel 1987 hasta el nivel 2017 el control del desplazamiento de ore shoot esta variación del buzamiento de alto a bajo las que conforman domos de extensión, a mismo comportamiento es observados en las zonas inferiores del ore shoot entre los niveles 1987 a 1940, mientras hacia el norte el buzamiento es más regular está controlada por el cambio de rumbo, pero los niveles de 1400 a 1520 son variables, ocurren que estas anomalías esta ligadas a las fallas secantes de dirección 45°, pero los dos correspondían al mismo de brava con estructuras subverticales de dirección de 45° de los dos grandes clavos observados al interior (J1) un ley promedio de 48,70 g. Au/TM una potencia de 1,60 m y el superior (J2 Y J3) con una potencia de 1.20 m de 31,44 g Au/TM, con la les promedio.

3.2.11 Mineralización

El ensamble mineralógico lo constituye una acusación típica mesotermal de cuarzo, pirita y oro este ultem de la galena, a partir de los minerales indicados también son reconocidos minerales como: esfalerita, calcopirita, arsenopirita, etc. Se le observa como electrón y libre, relleno las fracturas en la pirita y contactos.

- | | |
|-------------------|----------------|
| 1. Galena | 5. Magnetita |
| 2. Esfalerita | 6. Cuarzo gris |
| 3. Cuarzo lechoso | 7. calcopirita |
| 4. Pirita | 8. perotita |

3.3 Marco teórico

3.3.1 Clasificación de Geomecánica de Macizo Rocoso

“La clasificación de los macizos rocosos con fin geotécnicos, cuya finalidad es la obtención de los parámetros geomecánicas para su empleo y diseño y proyecto de ingeniería” (CAÑAPAÑA CCORA, 2019 pág. s/n).

a) Clasificación de Q de Barton

“Desarrollada por: Barton, Lien y Lunde en 1974, a partir del estudio de gran número de túneles constituye un sistema de clasificación del macizo



rocoso que permiten estimar parámetros geotécnicos del macizo y diseñar sostenimiento para túneles” (ARANDA ROJAS, 2015 pág. 7).

Tabla 6 — Parámetros geotécnicos del macizo

Parámetros	Tipos de rocas
< 0,0001	Excepcionalmente mala
0,001 y 0,01	Extremadamente mala
0,01 y 0,1	Muy mala
0,1 y 1	Mala
1 y 4	Mediana
4 y 10	Buena
10 y 40	Muy Buena
40 y 100	Extremadamente Buena

Fuente: Extraído de Barton

b) Clasificación RMR Bieniawski (Rock Mass Rating)

Esta clasificación fue desarrollada por Bieniawski en 1973, con las actualizaciones en 1979 y 1989, un sistema de clasificación de macizo rocoso que permite a su vez relacionar índices de calidad con los parámetros geotécnicos macizo rocoso, excavación y sostenimiento en túneles. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicas.

- Resistencia uniaxial de la maza rocosa
- RQD de la roca
- Distancia entre las discontinuidades
- Condiciones discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas
- Orientación de las discontinuidades con respecto a las galerías

Tabla 7 — Cartilla Geomecánica

CARTILLA GEOMECAÍNICA Rev. 00				
LABORES DE EXPLOTACIÓN Y AVANCES				
Indice de Resistencia Geológica (GSI)	Condición Superficial (Golpes de picota)			
	Se Rompe	Se Rompe	Se Indenta	Se Indenta
ESTRUCTURA Grado de fracturamiento	Con 3 o mas Golpes de Picota	Con 1 o 2 Golpes de Picota	Superficialmente (<5 mm)	Mas de 5 mm.
Se basa en la cantidad de fracturas por metro cuadrado, medidos insitu con flexometro.	B	R	P	MP
	Buena	Regular	Pobre	Muy Pobre
Condición Estructural - Fracturas/m ²	2 a 5 LF Levemente Fracturada	A LF/B	B LF/R	-
	6 a 11 F Moderadamente Fracturada	B F/B	C F/R	-
	12 a 20 MF Muy Fracturada	B MF/B	C MF/R	D MF/P
	>20 IF Intensamente Fracturada	-	E IF/R	F IF/P

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE EXPLOTACIÓN (TJ, CH, SN) (TEMPORALES < 1 AÑO) BUZAMIENTO DE VETA > 45°		
PARAMETROS GEOMECAINICOS CALIDAD RMR	ANCHO DE MINADO > 2.4m.	ANCHO DE MINADO <= 2.4m.
A 81-100	Split Set de 7" sistemático espaciado a 1.80m a sección completa	Puntal c/ jackpot sistemático espaciado a 1.8m en las cajas + split set sist. esp. 1.80m
B 61-80	Split Set de 7" sistemático espaciado a 1.50m a sección completa	Puntal c/ jackpot sistemático espaciado a 1.50m en las cajas + split set sist. esp. 1.50m
C 51-60	Split set sistemático esp. a 1.2m + malla electrosoldada a sección completa	Puntal c/ jackpot sist. esp. 1.30m en las cajas + split set sist. esp. a 1.20m en zona mineralizada
D 41-50	Pernos Helicoidales sistemático espaciado a 1.2m + malla electrosoldada	Puntal c/ jackpot sist. esp. 1.0 m con guarda cabeza de enrejados
E 21-40	Cuadros de madera esp. 1.50 con guarda cabeza en dirección al minado	Cuadros de madera esp. 1.50 con guarda cabeza en dirección al minado
F <20	Cuadros de madera esp. 1.00 con marchavantes en dirección al minado	Cuadros de madera esp. 1.0 con guarda cabezas en dirección al minado

BUZAMIENTO DE VETA < 45°		
PARAMETROS GEOMECAINICOS CALIDAD RMR	ANCHO DE MINADO > 2.4M	ANCHO DE MINADO (1.5M A 2.4M)
A 81-100	Split set sist. long. según sección esp. a 1.5m reforzado con Wood Pack 2x2m sistemático esp. a 3.0m	Puntal sistemático espaciado a 1.80m Reforzar con Wood Pack 1x1 sistemático esp. 3.0m
B 61-80	Split set sist. long. según sección esp. a 1.5m reforzado con Wood Pack 2x2m sistemático esp. a 3.0m	Puntal sistemático espaciado a 1.50m Reforzar con Wood Pack 1x1 sistemático esp. 3.0m
C 51-60	Puntal de madera sistemático espaciado a 1.30m reforzado con woodpack (1X1m) sistemático esp. a 3.0m	Puntal sistemático espaciado a 1.30m Reforzar con Wood Pack 1x1 sistemático esp. 3.0m
D 41-50	Cuadros de madera esp. a 1.30m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con Cribbing sist. esp. 2.0m	Puntal sistemático espaciado a 1.3m Reforzar con Wood Pack 1x1 sistemático esp. 3.0m
E 21-40	Cuadros de madera esp. a 1.30m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con Cribbing sist. esp. 2.0m	Cuadros de madera espaciados a 1.30m con guarda cabeza en dirección al minado
F <20	Cuadros de madera esp. a 1.00m con guarda cabeza en dirección al minado reforzado con Cribbing sist. esp. 2.0m	Cuadros de madera espaciados a 1.20m con guarda cabeza en dirección al minado

Fuente: Extraído de Cía. Minera Poderosa S.A.

Tabla 8 — Tipo de sostenimiento

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE AVANCE (TEMPORAL < 1 AÑO) (BP, VEN, ESCM)		
PARAMETROS GEOMECAINICOS CALIDAD RMR	UEA LIBERTAD - UEA LA PODEROSA DE TRUJILLO	
A 81-100	Split Set ocasional	
B 61-80	Split Set sistemático espaciados a 1.5m de acuerdo al estándar por sección de labor	
C 51-60	Split Set + malla electrosoldada de acuerdo al estándar por sección de labor	
D 41-50	P.H sistemático + malla electrosoldada de acuerdo al estándar	
E 21-40	Cuadros de madera esp. 1.5m con guarda cabezas	
F <20	Cuadros de madera esp. 1.0m con guarda cabezas	

LABORES DE AVANCE (PERMANENTE > 1 AÑO) (CR, BP, RA, GL, VEN, ESCM, CH RC)		
PARAMETROS GEOMECAINICOS CALIDAD RMR	UEA LIBERTAD - UEA LA PODEROSA DE TRUJILLO	
A 81-100	P.H. ocasional	
B 61-80	P.H. ocasional	
C 51-60	P.H. sistemático espaciados a 1.5m de acuerdo al estándar por sección de labor	
D 41-50	P.H sistemático + malla electrosoldada de acuerdo al estándar	
E 21-40	Shotcrete de 2" - 4" + P.H. + malla electrosoldada ó Cimbras metálicas espaciados a 1.5m con guarda cabezas	
F <20	Cimbras metálicas espaciados de 0.8 a 1.0m con guarda cabezas	

CONSIDERACIONES PARA EL SOSTENIMIENTO				
1.- Longitud del perno a usar: De acuerdo a estándar por tamaño de sección.				
2.- Para instalación de cuadros: Usar Redondos de 7" a 8" de diámetro para sombrero, postes y tirantes de 5" a 6"				
3.- Para instalación de Puntales: Usar Redondos de 7" a 8" de diámetro				
4.- Para espaciamiento entre puntales y cuadros: Los espaciamientos indicados refieren a la luz interna entre puntales o cuadros.				
5.- Para zonas con eventos de relajamiento: Sostener con perno más malla electrosoldada o galvanizada al tope de la labor.				
6.- Cámara de bombeo, polvorín, refugio minero, comedores: Sostener con shotcrete más pernos sistemáticos.				
7.- CM DH, subestaciones, intersecciones, cámaras de izaje: Sostener con pernos sistemáticos más malla electrosoldada.				
8.- El tiempo de colocación del sostenimiento es inmediato.				
9.- Con respecto a los métodos de explotación:				

VETAS CON BLZ.	ANCHOS DE MINADO			
	Mayor a 2.4m UP, SM & MÑ	UP SM & MÑ	Menor a 2.4m UP SM	UP MÑ
Calidad de roca (D, E, F)	Calidad de roca (A, B, C)	Calidad de roca (D, E, F)	Calidad de roca (A, B, C)	
Mayor a 45°	Corte y Relleno Ascendente (perforación en breasting)	Corte y Relleno Ascendente (perforación en breasting)	Corte y Relleno Ascendente (perforación en Realce)	Long Wall con P/V breasting masivo
Menor a 45°	Long Wall con P/V breasting para un cuadro	Long Wall con P/V breasting masivo	Long Wall con P/V breasting para un cuadro	Long Wall con P/V breasting masivo

ELECCION DEL TIPO DE EXPLOSIVO			FACTORES INFLUYENTES	
CALIDAD DE ROCA	TAJO	AVANCE	CON FACTORES INFLUYENTES	
1F/W	EM/LINDR 3000	AMR	CONDICION DE FRACTURA	
1F/B	EM/LINDR 3000	AMR	FLUJO DE AGUA	
1F/R	EM/LINDR 3000	AM/LINDR 3000	RELAJAMIENTO DE ROCAS	
1F/P	EM/LINDR 3000	AM/LINDR 3000	PRESENCIA DE FALLAS	
1F/S	EM/LINDR 1000	EM/LINDR 1000	ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES	
1F/M	EM/LINDR 1000	EM/LINDR 1000	INTERSECCION DE LABORES	

ESTANDAR DE SOSTENIMIENTO CON MALLA EN INTERSECCIONES		
CASO N° 1 CRUCES		CASO N° 2 BIFURCACIONES

Fuente: Extraído de Cía. Minera Poderosa S.A



3.3.2 Mecánica de rocas

La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico

Los distintos ambientes de aplicación de la mecánica de rocas se pueden agrupar en aquellos en que el material rocoso constituye la estructura (excavación de túneles galerías taludes, etc.), aquellos en los que la roca es el soporte de otras estructuras (cimentaciones de edificios, presas etc.) y aquellos en los que las rocas se emplean como material de construcción (escolleras, en terraplenes, rellenos, etc.)

La mecánica de rocas guarda una estrecha relación con otras disciplinas como la geología estructural, para el estudio de los procesos y estructuras tectónicas que afecta a las rocas, y la mecánica de suelos, para abordar el estudio de rocas alteradas y meteorizadas en superficie (CALCINA BEDOYA, 2018 pág. 18).

3.3.3 Criterios de Excavación y Sosteniente

a) Diseño de Malla Perforación

En la manera de cómo está distribuido los taladros de una voladura, considerando fundamentalmente la relación de burden y espaciamiento y su dirección con la longitud de los taladros del frente de la rampa 7040 de la Compañía Minera Poderosa SA.

b) Uso de Explosivos en la Construcción de la Rampa

Explosivos usados durante la profundización de la rampa 7040 es de Emulnor de 5000, y 3000 con los accesorios de Fanel, Naiter cordón detonante.

La selección del tipo de explosivo forma parte fundamental del diseño de voladura y por ende del producto final a obtener. Los criterios más utilizados para una óptima selección del explosivo son: costo del explosivo, diámetro de carga, propiedades geomecánicas de la masa rocosa, volumen de roca a volar, presencia de agua en los taladros, seguridad del personal, atmosferas explosivos y condiciones de suministro (CRUZ LUCANO, y otros, 2015 pág. 35).



c) Diseño de la Malla de Voladura

Diseño de voladura depende de las características de macizo rocoso que se encuentra en dicha zona o labor, de acuerdo a eso se puede hacer la distribución de carga de explosivos y tipo de potencia de explosivos, la fragmentación de rocas por voladura comprende a la acción de un explosivo y a la consecuente respuesta de la masa de roca circundante, depende de los factores de tiempo, energía termodinámica, onda de presión, propiedades del macizo rocas y otros, en un rápido y complejo mecánico de interacción. Este mecanismo a un no está plenamente definido, existiendo diferentes teorías que tratan de explicarlo entre las que mencionamos.

d) Relajamiento de Rocas

Un estallido de rocas se define como un gran daño a una excavación que ocurre de la manera violenta y repentina, el cual está asociado a eventos sísmicos inducidos por la minería; el cual puede provocar un violento abultamiento (bulking) del contorno a eyección de roca desde contorno en una excavación.

Con la definición explicada anteriormente se pretende distinguir este fenómeno del fenómeno de spalling el cual es la inyección de pequeñas partículas de roca de la capa más superficial del contorno de una excavación que a menudo se presentan como consecuencia de las altas tensiones presentes en el macizo rocoso y como fenómeno previo a un posible estallido de rocas.

3.3.4 Relajamiento, normas ante estallido de rocas

a) Relajamiento leve

Crujido de la roca sin proyección, por acumulación de energía

b) Relajamiento regular

Crujido de la roca con mayor frecuente e intensidad, con caída de rocas por gravedad, por evento sísmico moderado

c) Relajamiento fuerte (Reventazón)

Proyección y desprendimiento de rocas por movimiento sísmico sentido en las labores cercanas.

d) Relajamiento muy fuerte (estallido)

“Roca expulsada en forma violenta como consecuencia de las grandes presiones ejercidas en el contorno de una excavación generalmente ocurre a



grandes profundidades, sentido en diferentes niveles” (CIA MINERA PODEROSA S.A., 2019 pág. 1).

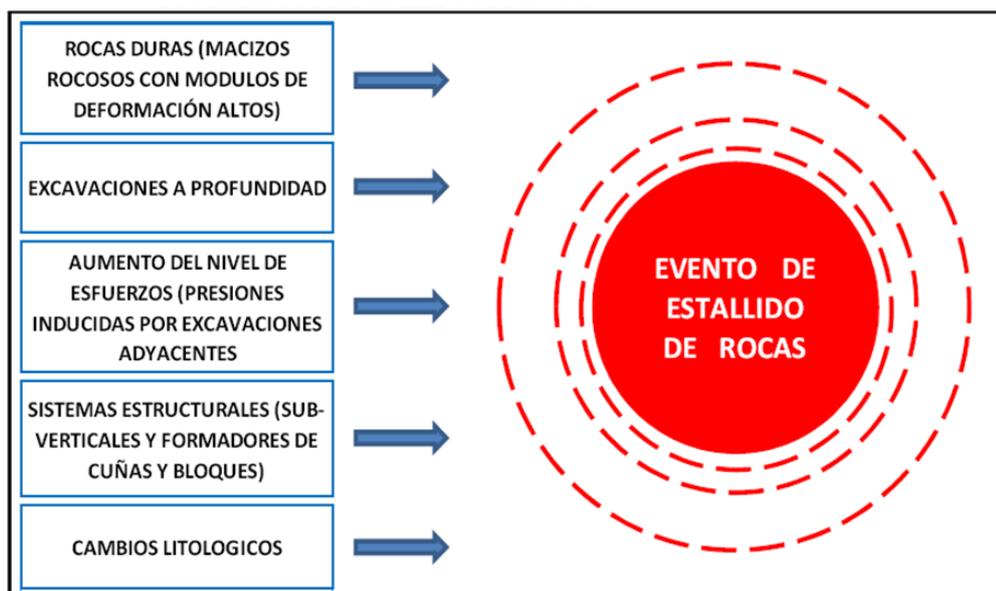


Figura 4 — Condiciones que se favorecen la ocurrencia de los eventos de estallido de rocas

Fuente: Extraído de Departamento de geomecánica Cía. Minera Poderosa

Tabla 9 — Grado de intensidad del evento

Grado	Intensidad del evento	Descripción sonora (auditiva)	Consecuencia del evento	Descripción
1	Leve	Crujido	Relajamiento y/o craquelamiento	Crujido de la roca sin proyección por acumulación de esfuerzos
2	Regular	Crujido frecuente	desprendimiento	Crujido de la roca con mayor frecuencia e intensidad, con caída de roca por gravedad, por evento sísmico moderado
3	Fuerte	Sonido fuerte	Reventazón	Proyección y desprendimiento de roca por movimiento sísmico, ocurrido en las labores cercanas
4	Muy fuerte	Sonido intenso	Estallido	Roca expulsada en forma violenta como consecuencia de sobretensiones en el macizo rocoso, generalmente ocurre a grandes profundidades

Extraído de Departamento de geomecánica Cía. Minera Poderosa

3.3.5 Rampa

Son labores similares a las galerías, pero con una inclinación positiva y negativa sobre un 5% de gradiente, que permite servir de entrada principal a una mina, accedendo a los diferentes niveles de trabajo, que están a distintas cotas. Se diferencian de los túneles por su forma de construcción. Pueden ser circulares, elípticas, zigzag, recta. La gradiente para el tránsito de equipo es de 10 a 12%. De considerable gradiente a fin de ganar longitud y altura; se desarrolla fuera de la veta sobre rocas o material estéril, como acceso de la superficie a interior mina o para unir dos o más labores horizontales o niveles subterráneos de diferentes cotas y usualmente está dirigido hacia abajo (VARGAS NIQUIN , 2010 pág. 7).

En Curvas:

- Gradiente como máximo 8%.
- Radio de curvatura es de 25 metros y peralte mínimo de 0.5%
- Ancho adicional en curvatura es de 0.5 metros.
- Todo equipo que ingresa a Rampa tiene las siguientes dimensiones altura máximo 2.60 metros y un ancho de 2.5 metros.
- Los refugios están ubicados a una distancia de 50 metros al lado opuesto de la cuneta con dimensiones de 2 metros de ancho por 2 metros de alto por 1.5 metros de longitud. En los tramos curvas, irán a una distancia de 30 metros.
- Las cámaras de carguío están cada 200 metros a ambos lados de la rampa. Tendrán una sección de 3.0 metros de ancho por 3 metros de alto por longitud de 12 a 15 metros respectivamente, con radio de curvatura 10 metros como mínimo y realce para el carguío con una altura de 3 metros.
- Las cámaras para Subestación Eléctrica serán ubicadas al lado opuesto de la cuneta. A una distancia como mínimo de 50 metros con respecto a la cámara de carguío.
- La cámara de bombeo de avance se ubica a lado de la cuneta, con dimensiones 3.0 metros de ancho por 3,0 metros de alto por 10 metros de largo, con una pendiente negativa de 15% y espaciado de 50 metros como mínimo a con respecto de subestación eléctrica. El último refugio se utilizará como dicho para el tablero eléctrico de avance.



“La optimización de las operaciones mineras mediante la profundización de la rampa negativa entra los niveles 2900, 2650 vankar EIRLSAC. Minera Aurífera Retamas. Las rampas en minería subterránea pueden ser convertidas en tres tipos” (BERROA SUAREZ, 2016 pág. 5).

a) Forma de rampa en Y

Esta rampa son muy pocas usadas o casi nada en minería peruana, usualmente es aplicada dentro de pequeñas vetas o cuerpo de mineral. Radica en construir una rampa superior para acceso de materiales y otros de servicios en especial para el relleno; y otra rampa inferior para la descarga del mineral proveniente de los tajos. Esta rampa tiene las características de ser de rápido desarrollo y poca preparación (BERROA SUAREZ , 2016 pág. 8).

b) Forma de rampa espiral

En el primer sistema de rampa que se empleó en nuestro país, es un sistema que une 2 niveles, se realiza dentro del yacimiento, en este circula todo el equipo motorizado, sirve como medio de transporte y lleva la secuencia de minado. En los extremos de esta rampa se hacen ventanas para las operaciones de minado. Las gradientes para esta rampa deben ser 7% a 15% y no mayor porque sería esforzar a los equipos de transporte, puesto que no podrían restituir la fuerza del equipo por mantenerse la misma pendiente en toda la longitud de la rampa, de nivel a nivel.

Una rampa es espiral puede dar malos resultados por las siguientes razones

- Poca visibilidad del operador
- Baja seguridad para el personal y maquinaria.
- Incremento del desgaste de los equipos

Por esta razón tiene poca aplicación en la minería peruana. Otra desventaja de esta rampa en su diseño y también los equipos dan problema de dirección (desgaste)

La experiencia demuestra que una rampa en espiral puede emplearse de manera óptima solo hasta una diferencia de cota 30 metros entre los puntos extremos de la rampa.



c) Forma de Rampa en Zig-Zag

La mayoría de las empresas mineras en la actualidad están empleando el sistema de minería trackless, con la construcción de rampas en forma de sig-zag, que tiene las siguientes condiciones:

- El desarrollo por lo general empieza de la superficie a un costado de la zona mineralizado y la longitud de la rampa está en función a la profundización de la veta.
- La rampa empieza con una pendiente en promedio de 12% y llega a distribuir dicha gradiente en las curvas.
- Se desarrolla en material o en rocas duras competentes.
- Lo recomendable es construir en lo posible paralela a la dirección de la veta o cuerpo, es decir en una de las cajas, de preferencia en la caja piso (BERROA SUAREZ , 2016 pág. 9).
- La sección está en función a varios factores que será indicados posteriormente en el diseño. A las zonas mineralizadas accederán por los cruceros o ventanas, desde esta rampa.

3.3.6 Campos de Aplicación Rampa Zig-Zag

Es un tipo de rampas fundamentalmente diseñado y tiene aplicación cuando las operaciones se desenvuelven dentro de un minado sin rieles (trackless). Este método es una parte de la mecanización de la mina, porque, la perforación se desarrolló y tajos, se emplearán jumbos de dos brazos de acuerdo de las necesidades y sección para su utilización, los cuales se desplazarán sobre propios neumáticos.

Para la limpieza dentro de los tajos, se emplearán equipos convenientes de LHD (Load-Haul-dump = Carguío – Transporte – Descarga) y Dumpers o camiones para uso subterráneo de bajo perfil, con los que agiliza el transporte del mineral; ya sea enviándolo por un echadero principal a un nivel general de transporte en camiones al exterior o desde la misma labor cargando a los camiones de bajo perfil.

Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Mayor facilita el transporte de maquinaria, equipos, personales y materiales



- Mayor seguridad en el transporte de personal
- Podemos aumentar el tonelaje de mineral a extraer

Desventajas:

- El tiempo de construcción es mayor en comparación de un pique para la profundización de las labores mineras.
- El costo de construcción es mayor comparación de un pique para la profundización (BERROA SUAREZ, 2016 pág. 10).

Sostenimiento

En toda explotación minera, el sostenimiento es un trabajo adicional de alto costo, que reduce la velocidad de avance y/o producción; pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y equipo (corporación acero Arequipa SA. Criterios de selección de elementos de sostenimientos por refuerzos: aplicación de la Barra Helicoidal.

Refuerzo de roca: consiste en un sistema de empernado o cables que proveen un refuerzo a la masa rocosa, aumentando así la resistencia friccional entre bloques que lo componen.

Soporte de la roca: consiste en cerchas de acero o concreto, shotcrete, cuadro de madera y/o metálicos que son diseñados para estabilizar la masa rocosa del colapso progresivo o deformación de esta.

Es una forma concreta el esfuerzo es un sistema **activo** y el soporte un sistema **pasivo**. Además, contribuye en.

- Mejorar las condiciones de estabilidad de las excavaciones
- Minimizar o disminuir la aplicación del soporte
- Evitar el deterioro del sostenimiento

Tipos de Sostenimiento

Los tipos de sostenimiento empleados en la mayoría de las minas subterráneas son las siguientes.

a) Sostenimiento Activo

Es el tipo de sostenimiento que actúa en el mismo instante de haberse colocado el sostenimiento.

- Pernos con resina y/o cemento
- Split set
- Pernos helicoidales
- Shotcrete



b) **Sostenimiento Pasivo**

Es el tipo de sostenimiento que trabaja a medida que el terreno actúa sobre el sostenimiento colocado.

- Cuadro de madera
- Cimbras
- Gatos de fricción
- Sistemas combinados (BERROA SUAREZ , 2016 pág. 10)

c) **Consideraciones de diseño de un buen sostenimiento**

- Lo importante antes de realizar el sostenimiento se requiere un buen mapeo geomecánica, según las cartillas geomecánicas de la empresa.
- Tomar en consideración las dimensiones de las labores y las zonas de influencia al contorno de las excavaciones.
- Control de la estabilidad que es una función a las propiedades geomecánica de los tajos, individual y conjuntamente.
- Realizar un idóneo esquema y secuencia de avance para producir la mínima perturbación de la masa rocosa.
- Estabilizar la zona de influencia de los tajos.
- La vida útil de las labores tiene condiciones severas y/o leves
- Tomar en cuenta la desestabilidad del minado en las labores adyacentes.
- Estudiar la información geología estructural del área de trabajo.

Todo tipo de macizo rocoso posee, en mayor o menor grado, defectos mecánicos que no están en función con sus propiedades inherentes a ella (BERROA SUAREZ, 2016 pág. 11)

3.3.7 **Sostenimiento utilizado en la rampa 7040**

Todo tipo de macizo rocoso se encuentra en equilibrio, pero cuando se realiza una labor subterránea se altera este equilibrio, por lo que el macizo rocoso va a tender a encontrar de nuevo el equilibrio, presentando un relajamiento estructural en toda la superficie de la excavación: para evitar este proceso de deformabilidad de la roca, es que recurre al sostenimiento artificial y así evitar la convergencia de las excavaciones. Los tipos de sostenimiento que se utilizan son:

Pernos

En la rampa negativa, se emplean dos tipos de pernos. Según las técnicas de anclaje que se utilizan podemos agruparlos de la siguiente manera: pernos



helicoidales de 7 pies anclados cenco y resina y pernos anclados por fricción como el Split set de 5 pies de longitud.

a) Pernos Helicoidales

Cuando se hace sostenimiento con pernos de helicoidales de 7 pies se emplean 4 cartuchos de cenco y 2 cartuchos de resina. Para pernos de 5 pies se usan 3 cartuchos de cenco y 1 cartucho de resina y la longitud de la colilla está en función de la altura como se indica a continuación: para una altura de 1,80 metros la longitud es 5 centímetros y para una altura mayor de 1,80 metros es de 10 centímetros.

Características y especificaciones técnicas de los pernos helicoidales

- Debe conservar el diámetro de 19 mm con longitudes que varían entre 1,5 a 3,0 metros, biseladas en uno de los extremos de 45°
- La platina de acero debe conservarse dimensiones de 15 centímetros x 15 centímetros x 15 milímetros de espesor y una tuerca con cabeza esférica para perno de 19 milímetros
- Cartucho de resina (dimensiones 28 mm por 305 mm) de fraguado rápido de 1 a 3 minutos
- Cartucho de cemento o cenco (dimensiones 30 mm x 305 mm) de fraguado lento de 6 horas
- Para pernos de 1,50 metros de longitud, usar un cartucho de resina y cinco cartuchos de cemento
- Para perno 2,40 metros de longitud, usar dos cartuchos de resina y siete cartuchos de cemento
- Para perno de 3,0 metros de longitud, usar dos cartuchos de resina y nueve cartuchos de cemento
- La longitud de la colilla debe mantenerse en un rango entre 3 a 5 centímetros, medido desde la tuerca
- El diámetro óptimo del taladro es de 36 mm a 38 mm para en uso de resina y cartucho de cemento
- La longitud de perforación debe ser 10 cm menor a la longitud del perno



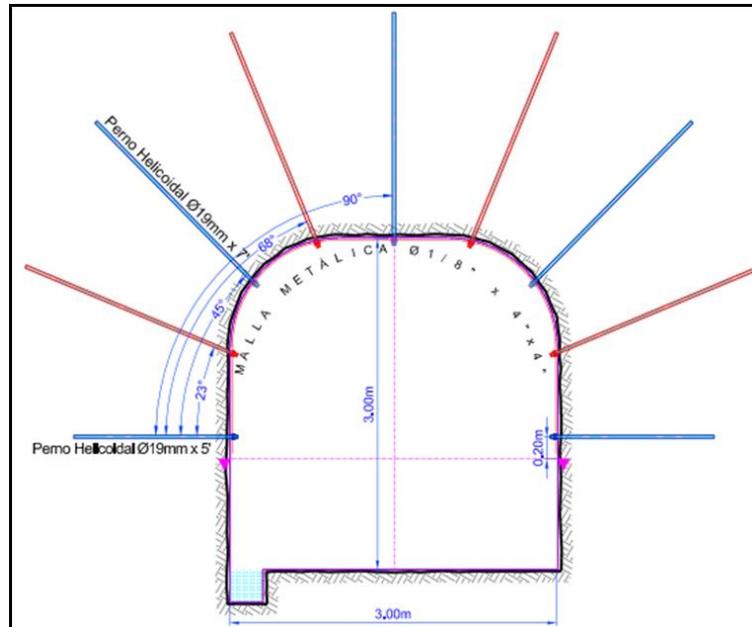


Figura 5 — Instalación de pernos helicoidales malla 2x2, sección de la longitud 3 m x3 m

Extraído de Área geomecánica Cia Minera Poderosa S.A. 2019

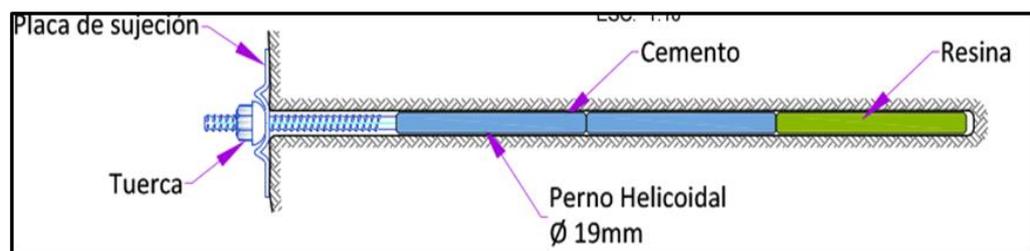


Figura 6 — Detalles de instalación de pernos helicoidales

Extraído de área geomecánica Cía. Minera Poderosa

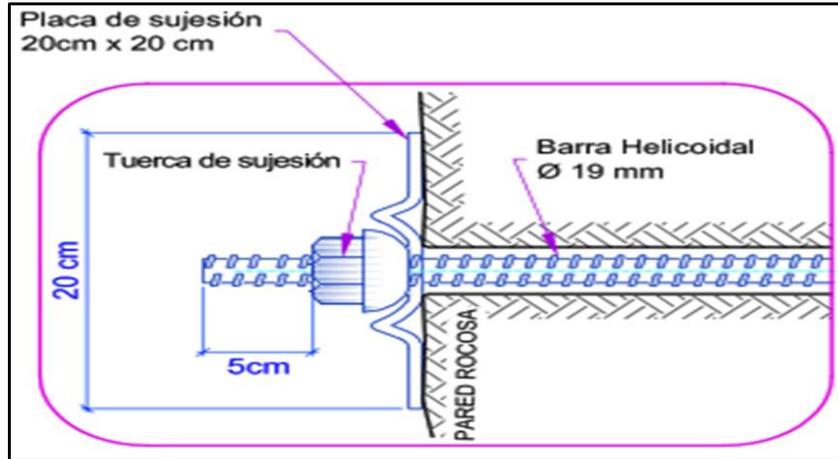


Figura 7 — Detalles de instalación de pernos helicoidal

Extraído de Área geomecánica Cia. Minera Poderosa



Figura 8 — Instalación de pernos helicoidales de 5,6 y 7 pies

Extraído de Área geomecánica Cía. Minera Poderosa S.A.

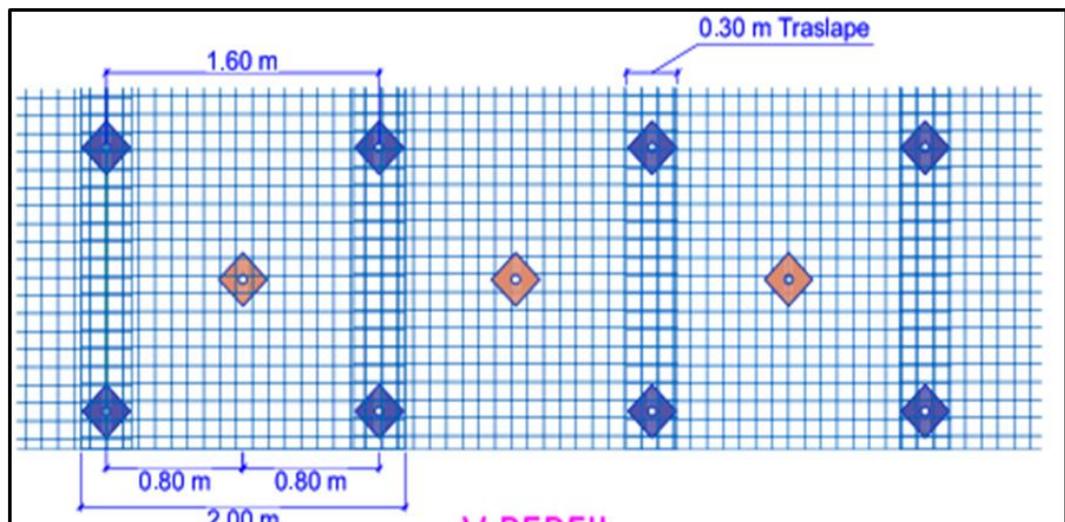


Figura 9 — Malla electrosoldada de sección 2 m x 2 m con perno helicoidal

Extraído de Área geomecánica Cía. minera poderosa

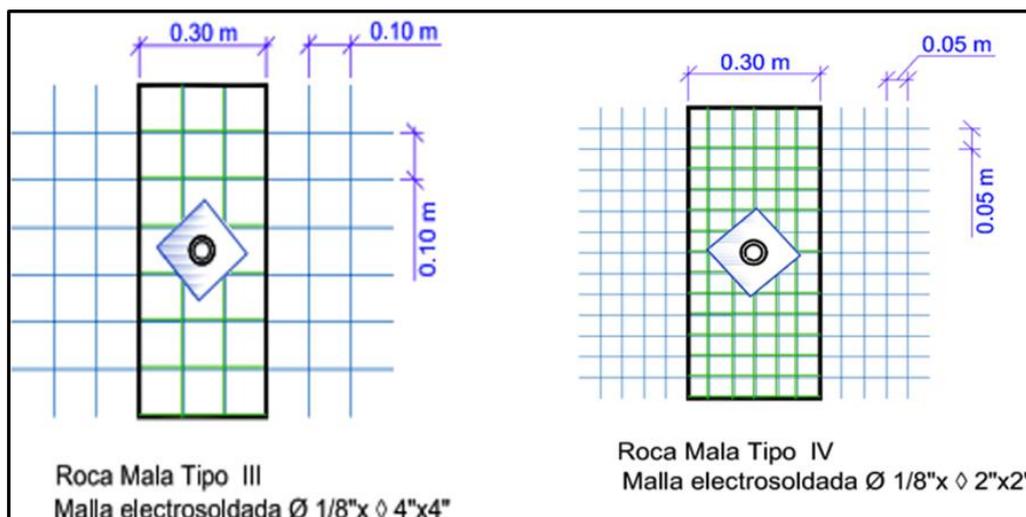


Figura 10 — Traslape de las mallas con su perno helicoidal

Extraído de Área geomecánica Cía. Minera poderosa

b) Perno Split Set

Son pernos de acero ranurado que es insertado a presión y trabajan por fricción en las paredes del taladro; se adaptan a las deformaciones iniciales de la roca, pero son muy sensibles al diámetro del taladro y a sus irregularidades. Su costo varía entre US\$ 7,00 a US\$ 10,00 y su capacidad de soporte es de 3, 0 t/pie de longitud del perno.

Características y especializaciones técnicas del perno Split Set

- Tubo ranurado de 39,4 mm +/- 0,5 mm de diámetro de longitudes que varían entre 1,2 metros y 2,1 metros, un extremo cuenta con un anillo soldado para soportar la plantilla de acero y el otro extremo este aguzado con 10 centímetros a 15 centímetros de longitud.
- La platina de acero debe tener una sección de 15 centímetros x 15 centímetros x 5 milímetros de espesor.
- El diámetro óptimo del taladro es de 35 mm a 37 mm
- Los pernos Split set de 0,30 metros de longitud (para traslapa de malla), se colocan dentro de los Split set ya instalado.
- La instalación debe lograr el contacto placa y roca o entre placa, malla electrosoldada y roca.
- El perno Split set instalado debe cumplir con la resistencia 1 ton/pie instalado.

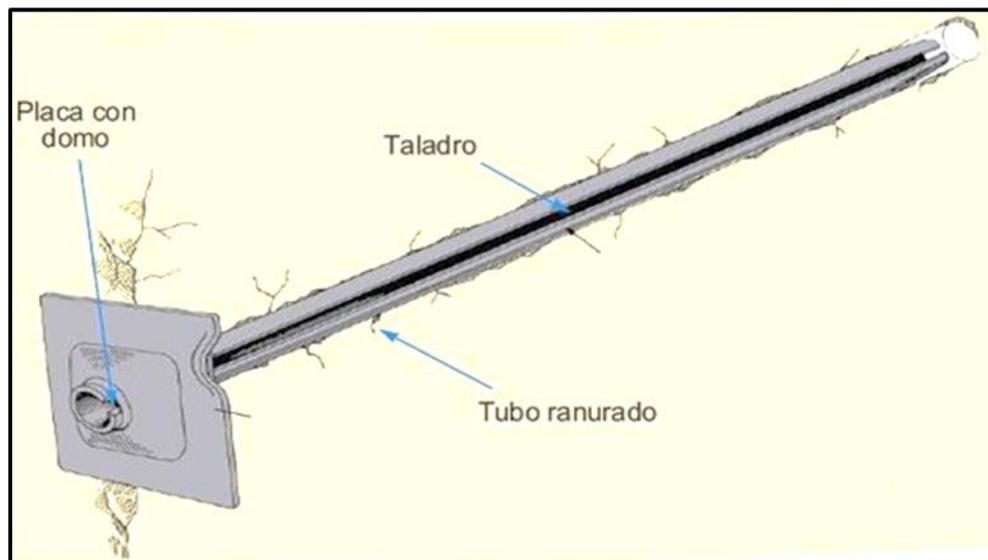


Figura 11 — Detalle de instalación de perno Split set según sección de la labor
Extraído de Área geomecánica Cía. Minera Poderosa

Estándar para la Colocación de Perno Split Set

Parámetros Geomecánicas:

El soporte con Split Set y malla electrosoldada, se utilizará para tipos de roca regular, con RMR varia de 51 – 60, en función la cartilla geomecánica y de acuerdo al mapeo geomecánica diario que se realizan en cada labor.

- Los Split set en combinación con malla electrosoldada serán utilizadas solo en labores de corta duración o temporales.
- El Split set deben colocar de manera perpendiculares al sistema de fracturamiento principal.
- En la perforación de los taladros para la instalación de Split set, se empleará brocas de 36 mm de diámetro.
- La longitud de perforación de taladro será de 10 a 15 centímetros. Mayor de la longitud de Split set a instalar.
- El diámetro de los Split set es 39.5 milímetros, su longitud variará entre 1,5 metros y 2.10 metros, con punta cónica de 8 a 10 centímetros de largo.
- La platina de acero (placa de sujeción), será de 15 cm por 15 cm por 4.0 milímetros y el orificio de 42.5 milímetros,

- La longitud de los Split set está en función a la sección, se indica en el cuadro siguiente:

Tabla 10 — Sección de labor y las longitudes del Split set a instalar

Sección de labor	Longitud del Split set a instalar
De 2,40 m x 2,40 m a 3,00 m x 3,00 m	5 pies
De 3,00 m x 3,00 m a 4,50 m x 4,50 m	7 pies

- Los mini Split set se utilizó para el traslape de las mallas
- El diámetro de mini Split set es 37 milímetros, y su longitud de 0.30 metros de punta cónica de 8 centímetros de largo.
- La secuencia de sostenimiento es taladro de perforado Split set y malla instalada.
- La instalación de los elementos de soporte con Split set debe ser realizada hasta el tope de labor.
- Para la instalación de la malla y Split set en la corona deber realizada sobre una plataforma o sobre una carga nivelada.

Instalación de Split set con malla

- Conservar un espaciado en fila según como se muestra en la figura 14 y un espaciado entre filas intercaladas de 0,80 metros a 1,40 metros.
- El traslape entre paños de malla deben conservarse una longitud de 30 a 40 cm.

Instalación de mini Split set con malla

- El mini Split set se instalará dentro de Split set, colocado en la última columna del tramo de la malla anterior, para fijar la malla que se está iniciando a instalar.



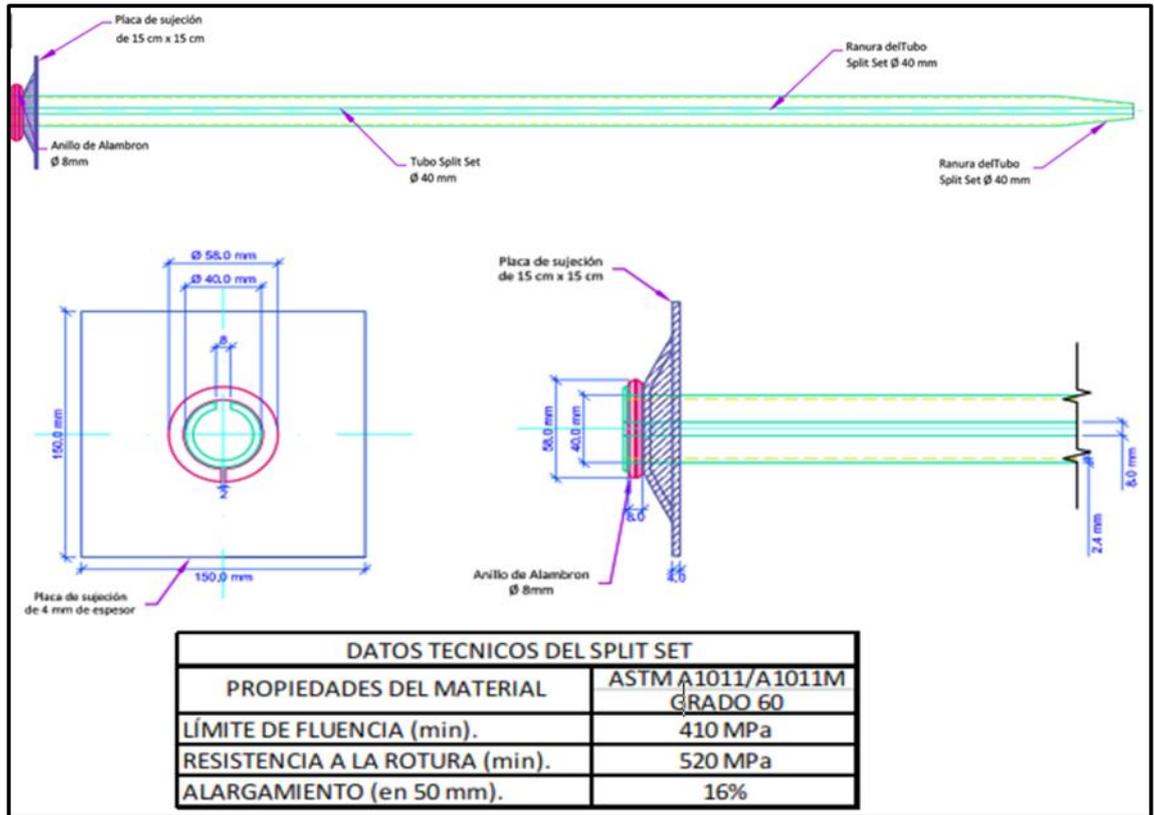


Figura 12 — Pernos Split set con medidas estándares

Extraído de Área geomecánica Cía. Minera Poderosa S.A. 2019

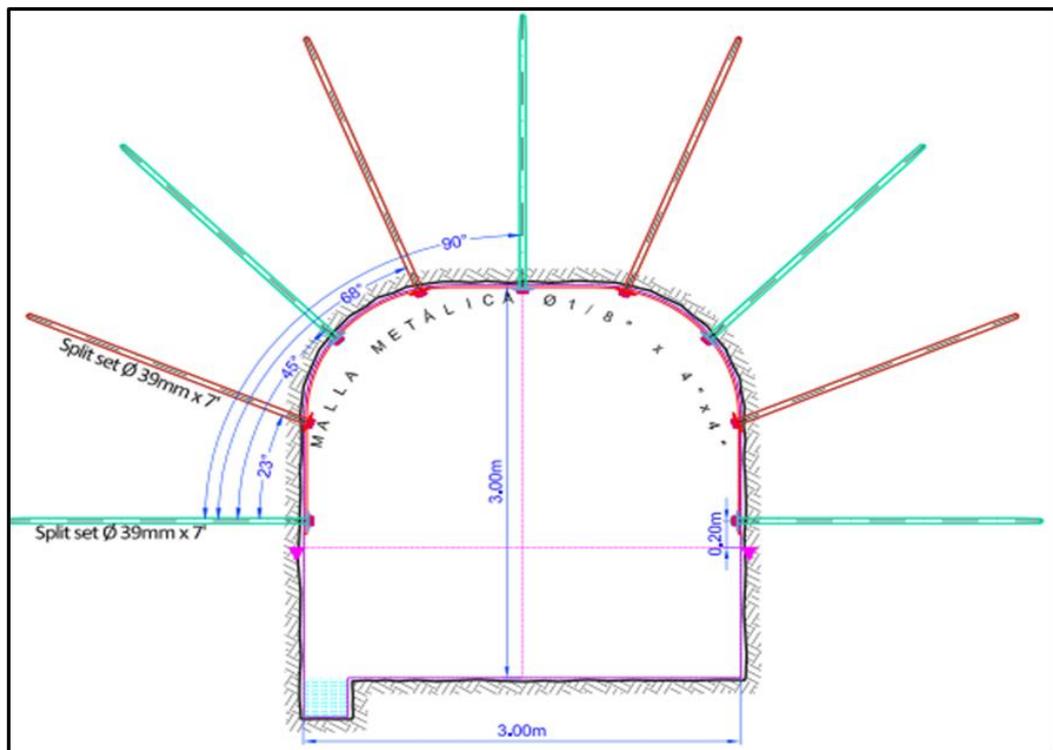


Figura 13 — Instalación de perno Split set, sección de la labor 3,0 x 3,0 metros

Extraído de Área geomecánica Cía. Minera Poderosa

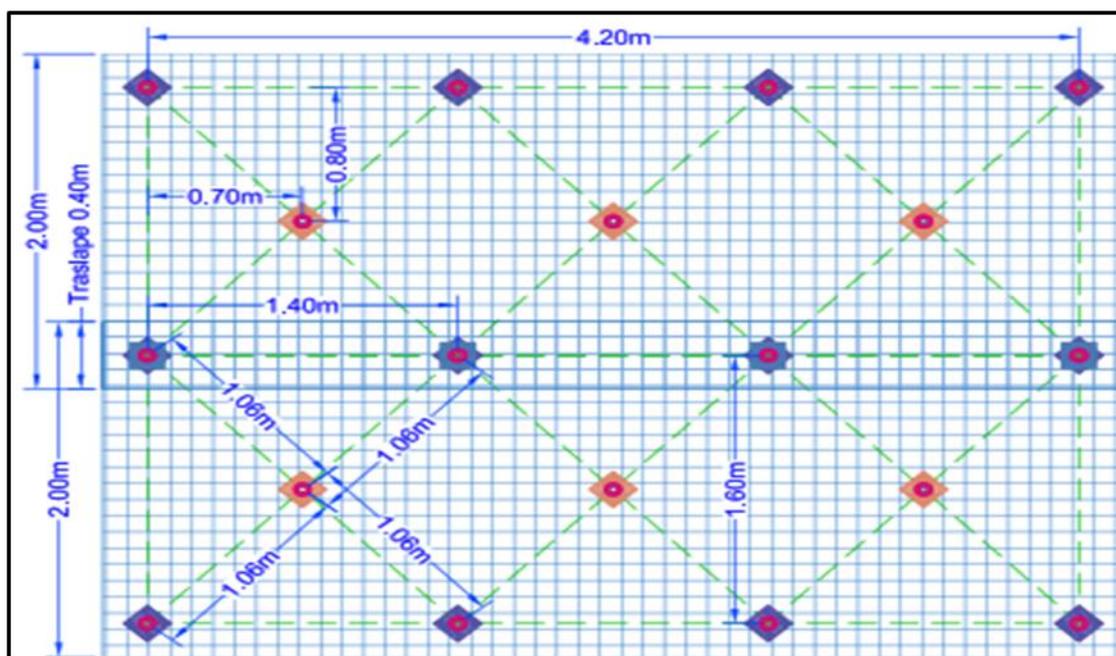


Figura 14 — Malla electrosoldada 2 pulg x 2 pulg estándar

Extraído de Área Geomecánica Cía. Minera Poderosa S.A. 2019

3.3.8 Control de calidad después de la instalación

El control de calidad de sostenimiento con perno de roca debe estar en función a lo siguiente.

- Comprobar la dirección de los pernos
- Comprobar la presión de las platinas
- Comprobar de la capacidad de anclaje de los pernos mediante pruebas de arranque, utilizando un ensayador de pernos con diferentes cabezales según el tipo de perno.
- Analizar el comportamiento de la masa rocosa de la excavación reforzada con pernos, mediante observación visuales o mediante convergencia.

3.3.9 Malla electrosoldada

Se utiliza para evitar la caída de fragmentación en el área de la influencia de los pernos, puede ser de acero galvanizado (malla de gallinero) fácilmente moldeado a la forma de excavación, de fierro electrosoldada que presenta mayor rigidez; o de fierro corrugado de $\frac{1}{4}$ de diámetro (CIA MINERA PODEROSA S.A., 2019 pág. 1).

Características de la malla electrosoldada

- La malla de electrosoldada de cocada 10 centímetros x 10 centímetros de alambre de # 8 no galvanizado

- El uso de la malla será en función de calidad de macizo rocoso, si RMR es > 41 el uso de la malla será solamente en la corona.
- Las dimensiones de traslape entre paños de malla, extremo hacia a los hastiales y extremo hacia al frente debe conservar una longitud de 0,20 metros.

3.3.10 Costos operativos o de producción mina

“Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción” (CURASMA CASAVILCA, y otros, 2019 pág. 35).

a. Costos directos

Conocidos también como costos variados, son los costos primarios en una operación minera en los procesos producción de perforación, voladura, carguío, acareo y actividades auxiliares de mina, definiéndose esto, en los costos de personal de producción, material e insumo y equipo (CURASMA CASAVILCA , y otros, 2019 pág. 36).

b. Costos indirectos

“Son gastos que se concederán independientemente de la producción, este tipo de costos pueden variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida” (CURASMA CASAVILCA, y otros, 2019 pág. 36).

c. Rendimiento

“En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el termino unidad puede refiriase a un individuo, equipo, departamento o una sección de una organización” (QUIMICA ENCICLOPEDIA pág. s/n)

3.4 Marco Conceptual

La definición de términos básicos es la aclaración del sentido en que se utilizan las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación de problema.

a) Compresión

Producido por fuerza que actúa coincidentemente en la misma dirección como consecuencia se produce un acortamiento de la corteza.

Distensión (tensión, estiramiento o tracción)



Producida por fuerzas divergentes que actúan en una misma dirección. Como consecuencia se produce un estiramiento de la corteza (ABCO MARRON, 2018 pág. 32).

b) Esfuerzo

“Es el conjunto de fuerzas que afectan a un grupo material y tendían a deformarlo, los esfuerzos tectónicos pueden ser básicamente de tres tipos” (ABCO MARRON, 2018 pág. 32).

c) Mecánica de Rocas

La mecánica de roca es la ciencia teórica y práctica del comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos; es la rama de la mecánica referente a la respuesta de la roca y del macizo rocoso a los campos de fuerza de su ambiente físico.

d) Fragmentación en la Roca

Las estructuras en los materiales convencionales de ingeniería ocurren en un campo de tensión, algunas teorías sofisticadas han postulado la explicación del comportamiento antes de la falla y después de la falla del material. Los campos de esfuerzo que se encuentran rocosas son de compresión (MINERA Y CONSTRUCCION , 2017).

e) Estallido de Rocas

Estallido de rocas se define como un gran daño a una excavación que ocurre de manera violenta y repentina el cual está asociado a eventos sísmicos inducidos por la minería el cual puede provocar un violento abultamiento del contorno y eyección de roca desde el contorno de una excavación

Estallido de rocas causa por un debilitamiento gradual del macizo rocoso tal que las tensiones locales después de un tiempo exceden la resistencia de macizo rocoso. En este caso, el daño es solo relacionado a la energía almacenada en el volumen de rocas en proceso de falla y de la energía liberada en el entorno del macizo rocoso. La energía irradiada o la intensidad del evento sísmico asociado (movimiento sísmico debido al estallido de rocas) están relacionadas a la intensidad de la explosión – deformación.

f) Geología

La palabra geología deriva del griego “geo” que significa tierra, y “logos” tratado o conocimiento, por lo tanto, se define como la ciencia de la tierra y tiene por objeto entender la evolución del planeta y sus habitantes, desde los tiempos más antiguas hasta la actualidad mediante el análisis de las rocas. Es considerada como una ciencia



histórica ya que parte de la premisa de que el relieve actual de la tierra es el resultado de una larga y variada evolución, por ello analiza este desarrollo espacial y temporal para señalar los factores y fuerzas que actuaron en el proceso y que le han dado la forma que actualmente conocemos, tanto en el exterior como en el interior de nuestro planeta. Las rocas de la corteza terrestre, los restos petrificados y los rastros de los organismos (fósiles), son elementos que se han utilizado para hacer la historia biológica ya que representan documentos y testimonios que permiten a los geólogos, deducir las condiciones y los acontecimientos de los siglos pasados. (CROVES ET, 1998).

g) Geomecánica

“Procedente de prefijo griego “geo” significa “tierra” y mecánica implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas. Son las dos disciplinas de la geomecánica de suelo y rocas” (Geomecánica, 2020 pág. s/n).

h) Falla

El desplazamiento puede ser de milímetros a cientos de kilómetros hay varios tipos de falla clasificados según la forma como se desplaza un bloque con respecto al otro (COBA TERAN, 2017 pág. 84).

i) Rampa

Es un tonel o una Galería inclinados que serví de accesos a las labores mineras, desde la superficie o como conexión entre niveles de una mina subterránea.

j) Control de Sostenimiento

“Para el desarrollo efectivo de sostenimiento se complementa con todas las recomendaciones del área geomecánica con respecto del tabla de sostenimiento las que fueron elaboradas, con un análisis y considerando las características de la litología “ (CUADROS AQUINO, 2015 pág. 49).

k) Rock Mass Rating (RMR)

“El sistema de clasificación de RMR, fue inicialmente desarrollada en el Suort African Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) por bieniawski en 1975 en base a la experiencia en túnel poco profundo en rocas sedimentarias” (CUADROS AQUINO , 2015 pág. 50).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y Nivel de Investigación

a) Tipo de Investigación

Según la información que se recoge para responder al problema de la investigación es cuantitativa, será descriptivo y correlacional, busca la relación existente entre el tipo de roca, los eventos de relajamiento de roca y el control del relajamiento.

b) Nivel de Investigación

Descriptiva porque se efectuará la descripción de las causas que provocan los eventos de relajamiento y el estallido de rocas, correlacional por que se relacionará con el relajamiento y estallido de rocas y las consecuencias que estas provocan, además se busca controlar.

4.2 Diseño de la Investigación

En la presente investigación se aplicará el diseño transeccional correlacional causal: condiciones geomecánicas de macizo rocoso y el relajamiento de rocas y riesgo en la profundización de la Rampa 7040 U.E.A. Marañón, lo que involucra los siguiente:

Condiciones Geomecánicas del Macizo Rcoso

Para lo cual es necesario realizar los analices respectivos de las propiedades de la Roca intacta, determinar el RQD, cuantificar MRM Y Q determinar las propiedades de resistencia del macizo rocoso.

Relajamiento de Rocas

Se ubicará y se registrará el relajamiento de rocas, se realizará una evaluación de la inestabilidad de las rocas para luego proponer el sostenimiento si así lo requiere.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

La población constituye todas las labores subterráneas de la U.EA. del marañón de la Compañía Minera Poderosa S.A.



4.3.2 Muestra

Considerando una investigación intencional no probabilístico se seleccionó por criterio del investigador como muestra la Rampa 7040 en el nivel 1467, la cual es necesario profundizar con el fin de construir labores subterráneas y continuar con las exploraciones con el propósito de alargar la vida de la mina.

4.4 Procedimiento

- a) **Análisis bibliográficos:** consiste en realizar el resumen e interpretación de la investigación bibliográfica, con el objetivo de elaborar el marco teórico, planteamiento de problema, objetivo e hipótesis.
- b) **Revisión de informes anteriores de área de geomecánica de la empresa:** consiste en la recopilación de informes de sostenimiento y materiales que usó.
- c) **Trabajo de campo:** consiste hacer las pruebas en campo, con el mapeo geológico, perforación en las coronas a 45° para liberar de energía sostenimiento al contorno de la labor con pernos helicoidales intermediados con Split set más malla de 2x2, colocado de escudo malla 4x4 y perno Split set.
- d) **Trabajo en gabinete:** se procesó y analizó la información recaudada en campo, sostenimiento realizado todos los pasos juntamente con el área geomecánica de la empresa minera poderosa SA.
- e) **Interpretación de resultados:** se procedió al análisis de resultados obtenida en las pruebas de sostenimiento y liberación de energía.
- f) **Conclusiones y recomendaciones:** en esta etapa se interpretaron todos los resultados obtenidos para implementar las mejoras correspondientes.

4.5 Técnica e instrumentos

4.5.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en la recolección de datos en el presente trabajo de investigación fue:

- La observación
- Revisión documentaria
- El acopio de datos de campo
- Manejo de tablas de Excel

Ver los datos en la figura 16, anexo 5, anexo 2, figura 20, tabla 17

Todas correspondientes a la unidad minera Poderosa S. A.



4.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos fueron las plantillas de datos para juntar información.

La información obtenida fue de fuente primaria, debido a que se realizaron los trabajos in situ en la unidad minera para recabar los datos respecto al desarrollo de la rampa para la extracción de mineral y los parámetros operacionales de extracción de mineral que se vienen ejecutando en la unidad minera.

Los datos que si obtuvo en presente trabajo de investigación se indican en la siguiente figura 24, tabla 1 en el anexo 5



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Causas para relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, U.E.A. Marañón

5.1.1 Causa de relajamiento de rocas

Entendemos a relajamiento de rocas como desprendimiento súbito y violento de bloque de rocas, esto genera a grandes profundidades son producidos en ambientes de incremento de altos esfuerzos, se produce cuando hay movimientos sísmicos por condiciones naturales o provocados por el hombre con liberación de fuente de energía, la roca es incapaz de resistir los esfuerzos de onda de una fuente o foco, hasta su punto de rotura. Cuando una roca esta próximos a estallar, se genera constantes de sonidos de relajación (astillamiento y desprendimiento).

Independientemente el volumen vacío y la inestabilidad de las excavaciones subterráneas, están divididas al mecanismo de estallido de rocas.

Etapa I: al producirse la liberación de esfuerzos desde la fuente o foco si transmiten ondas de compresión por la roca, generando la creación de grietas radiales.

Etapa II: la onda de compresión se propaga por la roca y cuando está alcanza una cara libre, se refleja como onda de tracción.

Etapa II: cuando las ondas de compresión son mayores que las ondas tracción, se producen grietas con descostramiento, produciendo el estallido de rocas.



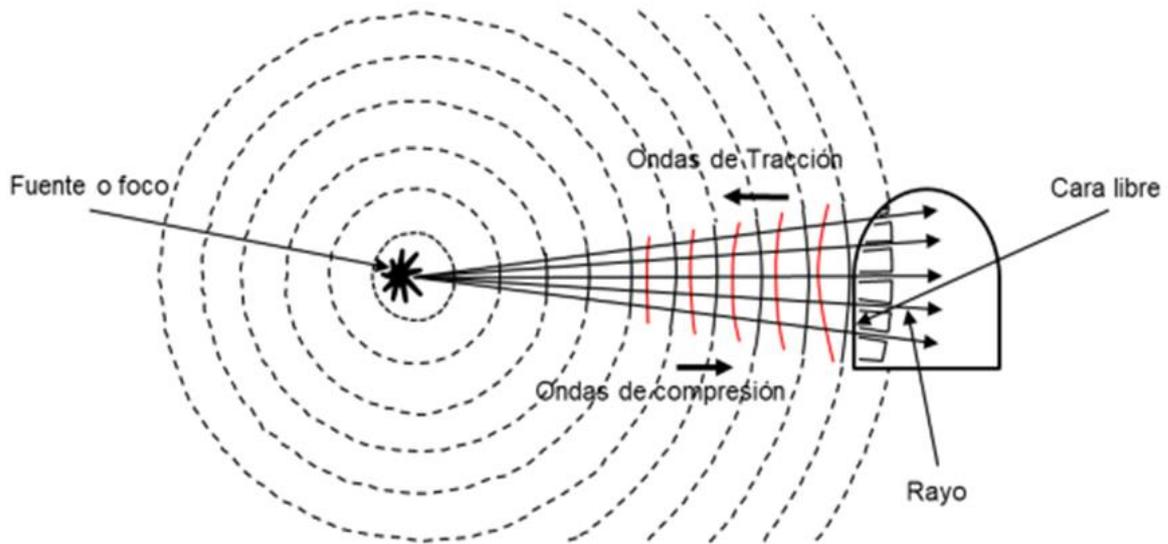


Figura 15 — Mecanismo de relajamiento de rocas

Extraído de Miguel A. Berrocal M.

5.1.2 Descripción del inicio de eventos en la rampa 7040

A inicios de la construcción de la rampa negativa desde la cortada CR N1, a 50 metros de avance de la rampa 7040, se inició los eventos de relajamiento de rocas mayormente en las coronas de la labor. Causando daños de los materiales e incidentes a los trabajadores de la labor desde el cual, retiramos a los trabajadores y pusimos bloqueo la labor, e iniciamos con el monitorio de relajamiento en cada evento ocurrido ver el anexo 2.

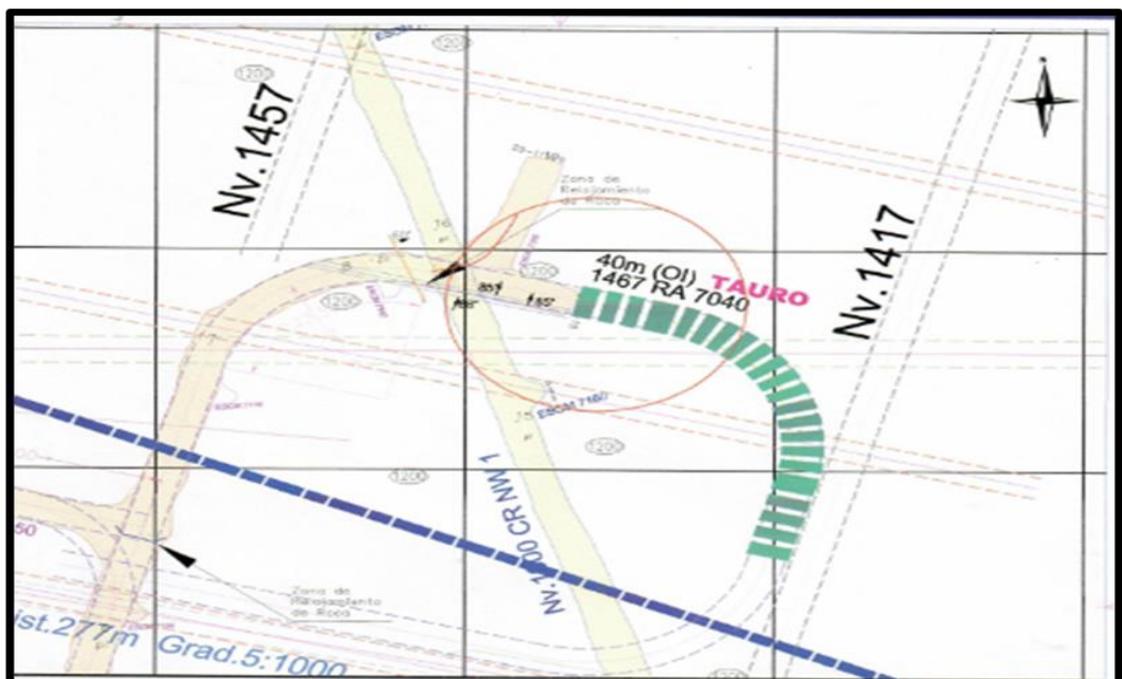


Figura 16 — bloque de la rampa 7040 para monitorio de relajamiento

Los registros de relajamiento de rocas en la rampa 7040 para lo cual creamos un formato como y con qué frecuencia registrar cada evento ocurrido.

Tabla 11— Formato como llenar los eventos de relajamiento de rocas

Grado	Intensidad del evento	Descripción sonora (auditiva)	Consecuencia del evento	Descripción
1	Leve	Crujido	Relajamiento y/o craquelamiento	Crujido de la roca sin proyección por acumulación de esfuerzos
2	Regular	Crujido frecuente	desprendimiento	Crujido de la roca con mayor frecuencia e intensidad, con caída de roca por gravedad, por evento sísmico moderado
3	Fuerte	Sonido Fuerte	Reventazón	Proyección y desprendimiento de roca por movimiento sísmico, ocurrido en las labores cercanas
4	Muy fuerte	Sonido Intenso	Estallido	Roca expulsada en forma violenta como consecuencia de sobretensiones en el macizo rocoso, generalmente ocurre a grandes profundidades



Figura 17 — Después de ocurrido Relajamiento de rocas en la rampa 7040

5.1.3 Resultados después de relajamiento de rocas en la rampa 7040

La ubicación de las fuentes o focos de relajamiento de rocas, pueden originarse desde cualquier instante y posición, con cualquier de las frecuencias originando daños materiales oh accidente de los trabajadores, lo exponemos en la figura, donde el foco puede situarse al lado izquierdo (sector a), techo (sector b), y

diagonales (sector c), de la excavación, así como también en el frente posterior de la excavación (sector d).

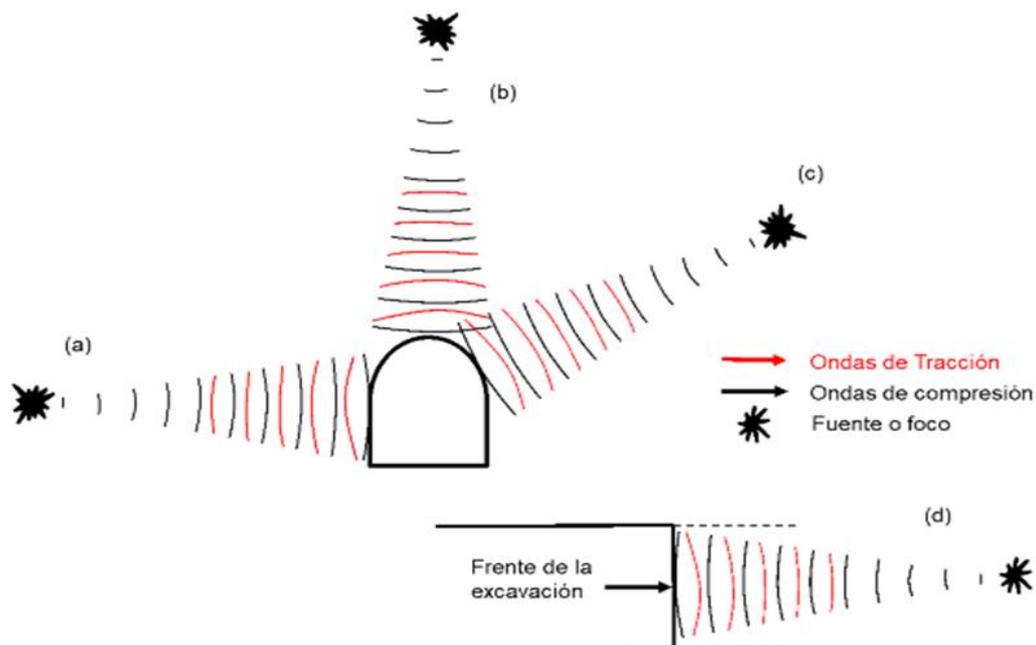


Figura 18 — Diferentes posiciones del foco o fuente, y su impacto con ondas

Extraído de Miguel A: Berrocal M.

5.1.4 Discusión de relajamiento de rocas en la rampa 7040

Los eventos de relajamiento de rocas constituyen riesgos que afecta la seguridad de las personas, calidad de operación, infraestructura, pérdida de reservas, en algunos casos incremento de costos de operación.

El estallido de roca es desprendimiento súbito y violento de bloque de rocas, son producidos en ambientes de incremento de concentración de altos esfuerzos, producidos por la voladura, activación de fallas, excavaciones sin rellenos y otras condiciones naturales produciendo con mayor énfasis en rocas elásticas (ígneas y metamórficas), (MALLQUI BERROCAL, 2020 pág. 1).





Figura 19 — Estallido de rocas regular en la Rampa 7040 por ambos hastiales

5.2 Control de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, U.E.A. Marañón

5.2.1 Descripción de construcción de la rampa 7040 nivel 1467

En la construcción de la rampa 7040, se inició las pruebas de control de relajamiento de rocas, en la zona Estrella y en la veta, techo Karola desde la cortada CR N1 nivel 1467, previa coordinación con el área geomecánica de la Cía. Minera Poderosa SA.

Para la presentación de resultados fue fundamental tener en cuenta el desarrollo de la evaluación, las condiciones geomecánicas y propuestos como controlar o minimizar los eventos de relajamiento. Este proceso ha sido la guía para el presente trabajo de investigación.

Para realizar las pruebas de control de relajamiento de rocas se consideró los siguientes procesos.

- 1) Evaluación condiciones geomecánicas
- 2) Pruebas de control de evento
- 3) Sostenimiento
- 4) Colocado de escudos
- 5) Evaluación de los resultados de estabilidad de la rampa.

5.2.2 Evaluación las condiciones geomecánicas

La construcción de dicha labor se encuentra en rocas granodioritas, roca IIIB RMR 41-50 y GSI F/R, presenta fracturas influentes de sistema fallamiento paralelo al eje de la labor, de orientación de NW a SE con buzamiento mayores

de 80°, formando cuña en la corona de la labor, el mismo que se detalla a continuación, además las fallas se caracterizan por ser cerradas, con rellenos y no presenta filtraciones de agua.

Además, al tope de la rampa 7040 se presenta una zona con clasificación geomecánica F/R y en un RMR 51 – 55 es una roca tipo III.

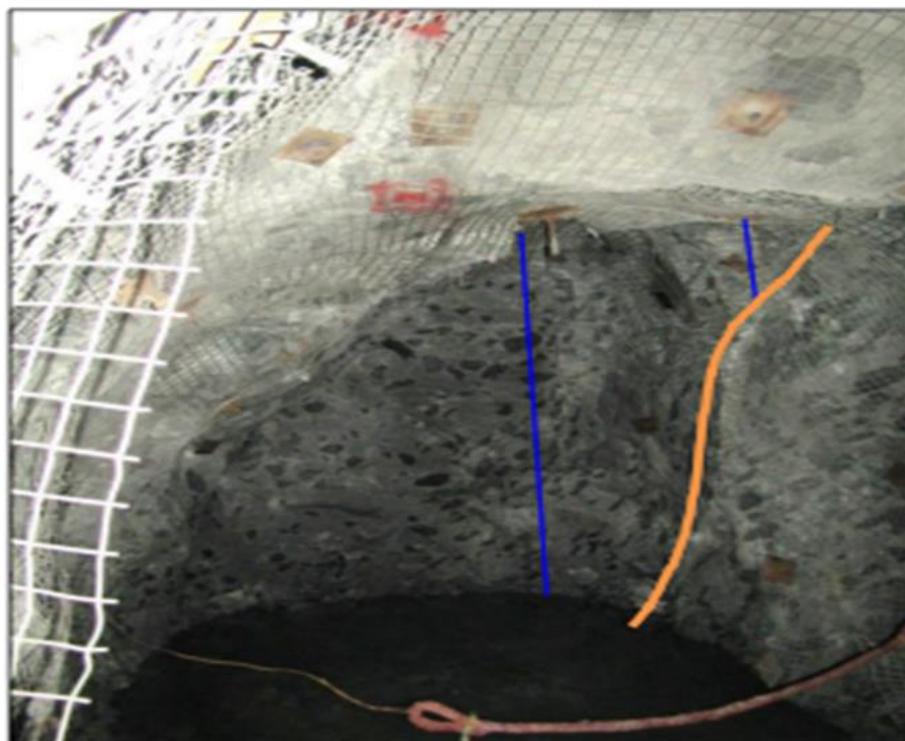


Figura 20 — Mapeo geomecánico de las fallas en la rampa 7040



Figura 21 — Estallido de rocas en la Rampa 7040

5.2.3 Resultados de evaluación geomecánica de la rampa 7040

Con el objetivo de mejorar el control de relajamiento de rocas en la Rampa 7040 se puso la aplicación de las pruebas según las tablas geomecánicas. Acuerdo con las evaluaciones de las geomecánicas de la rampa se requiere siguientes sostenimientos.

- a) Relajamiento de rocas
- b) Formación cuñas en la corona
- c) Orientación de las discontinuidades

Sostenimiento instalar pernos helicoidales de 7 pies y malla electrosoldada 2 pulg. x 2 pulg. intercalado con perno de Split set de 5 pies perforados de 8 pies dejando 3 pies libres

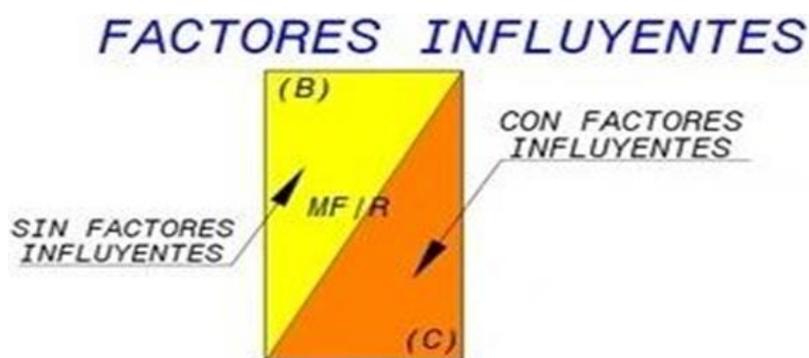


Figura 22— Factures influyentes

Tabla 12 — Tabla geomecánica indicando en que ubica la labor

		CARTILLA GEOMECÁNICA <small>Rev. 01</small>			
		LABORES DE EXPLOTACIÓN Y AVANCES			
Índice de Resistencia Geológica (GSI)		Condición Superficial (Golpes de picota)			
ESTRUCTURA Grado de fracturamiento <small>Se basa en la cantidad de fracturas por metro cuadrado, medidos insitu con flexómetro.</small>		Se Rompe <small>Con 3 o mas Golpes de Picota</small>	Se Rompe <small>Con 1 o 2 Golpes de Picota</small>	Se Indenta <small>Superficialmente (<5 mm)</small>	Se Indenta <small>Mas de 5 mm.</small>
		B	R	P	MP
		Buena	Regular	Pobre	Muy Pobre
Condición Estructural - Fracturas/m ²	2 a 5 LF Levemente Fracturada	A LF/B	B LF/R	-	-
	6 a 11 F Moderadamente Fracturada	B F/B	A F/R	C F/P	-
	12 a 20 MF Muy Fracturada	B MF/B	C MF/R	D MF/P	E MF/MP
	>20 IF Intensamente Fracturada	-	D IF/R	E IF/P	F IF/MP

TIPOS DE SOSTENIMIENTO LABORES DE AVANCE (TEMPORAL < 1 AÑO) (BP, VEN, ESCM)		
UEA LIBERTAD - UEA LA PODEROSA DE TRUJILLO		
PARAMETROS GEOMECANICOS		
CALIDAD	RMR	
A	81-100	Split Set ocasional
B	61-80	Split Set sistemático espaciados a 1.5m de acuerdo al estándar por sección de labor
C	51-60	Split Set + malla electrosoldada de acuerdo al estándar por sección de labor
D	41-50	P.H sistemático + malla electrosoldada de acuerdo al estándar
E	21-40	Cuadros de madera esp. 1.5m con guarda cabezas
F	<20	Cuadros de madera esp. 1.0m con guarda cabezas

Extraído de Cia Minera Poderosa

Evaluaciones en las tablas geomecánicas para su respectivo análisis.



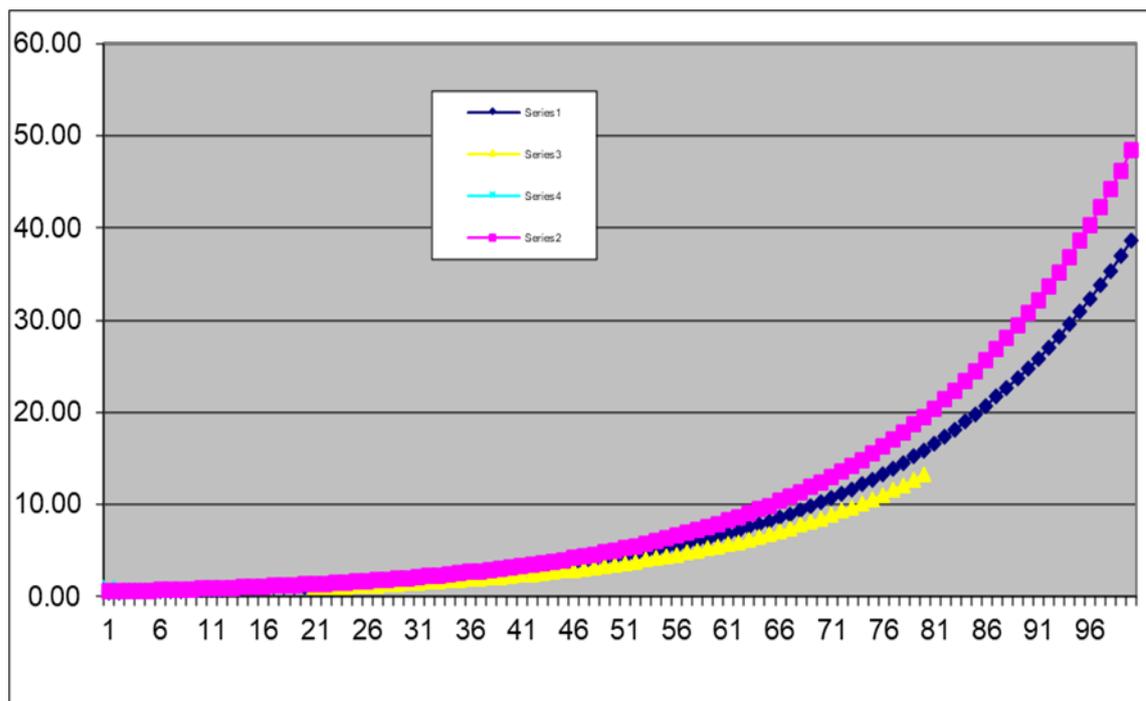


Figura 23 — Curvas de evaluación de rocas

Las figuras 22 y 23 nos indica la teoría de apertura de rampas y galerías en qué tipo de rocas se puede construir de labores permanentes, y a qui frecuencia se podemos llegar en la práctica

5.2.4 Discusión de evaluaciones geomecánicas de la rampa 7040

El proyecto de la rampa 7040 sigue paralelo al rumbo de las estructuras al tope de la labor, las cuales están generando la formación de cuñas y los relajamientos leves a regulares, por lo que estima que continuara los relajamientos en la labor hasta que se realice el giro, pero sin dañar materiales ni va ocasionar accidentes

5.2.5 Pruebas para minimizar relajamiento de rocas en la rampa 7040

Debido a la presencia de eventos de relajamiento de rocas, en la Rampa 7040

en el nivel 1467 se ha visto la necesidad controlarlos de alguna forma.

Por la orientación del esfuerzo S1 y por estadísticas tomadas del cuaderno de reporte se ha visto que los eventos se presentan mayormente en la corona y ambos hastiales izquierda y derecha.

Para tratar de minimizar los eventos de relajamiento de rocas el área de geomecánica a considerado realizar perforaciones en el hastial superior izquierdo y en caja piso de la labor, estos taladros serán perforados a 10



5.2.6 Análisis de perforación de taladro de alivio

Debido a los resultados de prueba con la perforación de 10 pies a 45° de la corona de la labor tanto en el piso también, con una carga de explosivo de 500g. de Emulsur de Famesa, minimiza el relajamiento de rocas porque en la rotura que se hace se libera energía de ondas de compresión, con estos disparos no se daña y debilita sostenimiento de la labor.

Para lograr los objetivos y minimizar los eventos de relajamiento de rocas en rampa 7040, realizamos perforación de taladros de alivio para liberar descargue de energía de relajamiento de rocas.

- Taladro de perforado = 10 pies
- Perforados en las coronas orientados a = 45°
- Carga a emplear para desfogar = 500 gramos famesa emulsor de 3000
- No afecta el sostenimiento mucho menos el nivel de sostenimiento estático de la labor.

5.2.7 Radio de plástico

El radio plástico en zona de influencia de la excavación en la roca circundante que rodea un túnel no significa necesariamente que el túnel falle (colapso) siempre que el espesor en la zona plástica es menor en comparación con el radio de túnel, la única falla evidencia puede ser algunas grietas frescas y una cantidad menor de fajamiento y relajamiento.

Por otro lado, cuando se forma una zona plástica grande y cuando se produce grande desplazamiento hacia el interior de la pared del túnel, el desprendimiento de la masa de roca puede conducir un eventual colapso de una rampa de no tener soporte.

La función principal de soporte es controlar el desplazamiento hacia dentro de las paredes y para evitar el aflojamiento, la instalación de soporte (por ejemplo, pernos de anclaje, hormigón proyectado o cimbras metálicas) no puede evitar el fallo de la roca circundante de un túnel sometida a una sobrecarga significativa, pero este tipo de apoyos juegan un papel importante en el control de la deformación o relajamiento de una rampa.

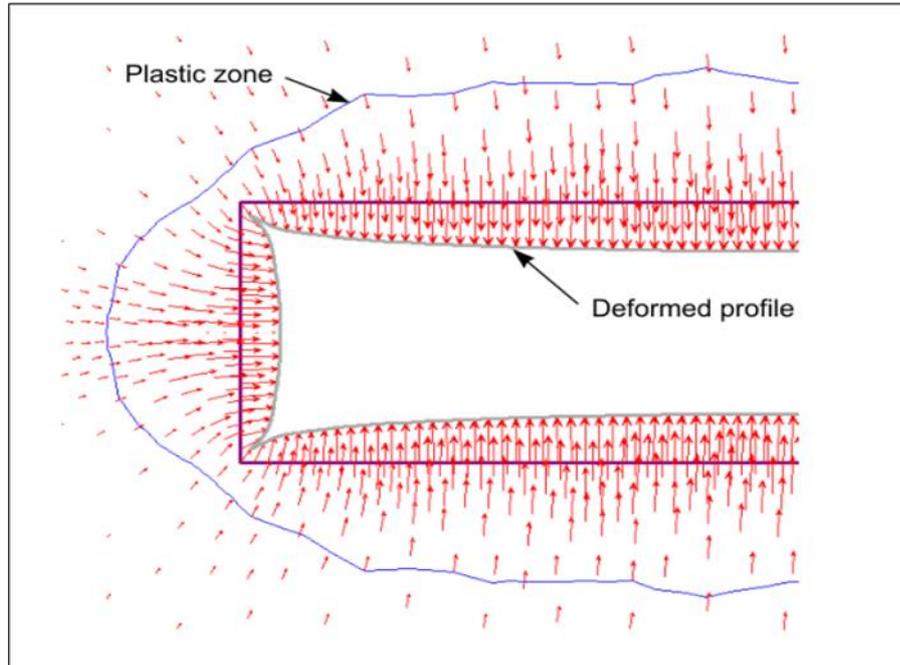


Figura 25 — Perfil de convergencia de una labor

a) **Radio plástico en una excavación de calidad de roca tipo III-B FM/R**

Se considera la masa rocosa con RMR 41-50 III-B, granodiorita y monzogranito geológicamente, siendo estas rocas predominantes en la Unidad Producción Marañón en sección de excavación de 3 m x 3 m.

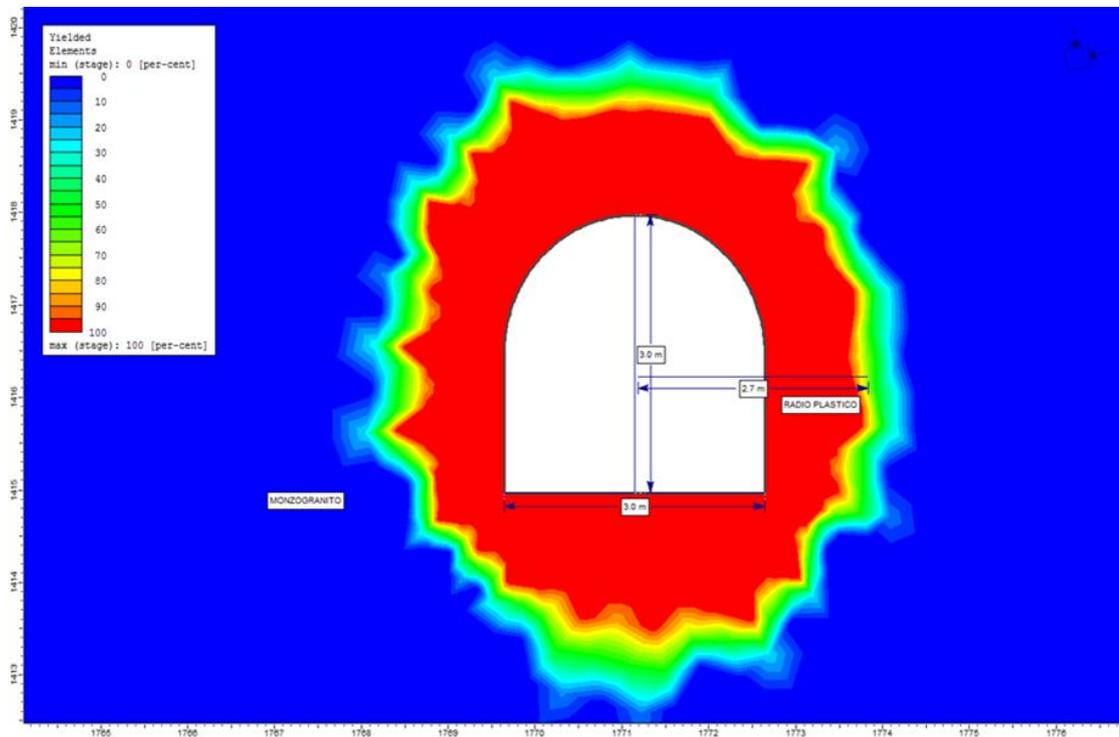


Figura 26 — Radio plástico en granodiorita y monzogranito en 3m x 3m

5.2.7.1 Resultado de Radio de Plástico

Sostenimiento en una Labor con RMR 14-50 de tipo de IIB Rampa 7040

Según las cartillas geomecánicas por dichas características de masa rocosa se empleará el sostenimiento de pernos helicoidales de 7 pies y malla electrosoldada de 2 pulg x 2 pulg e intercalada con pernos Split set de 5 pies.

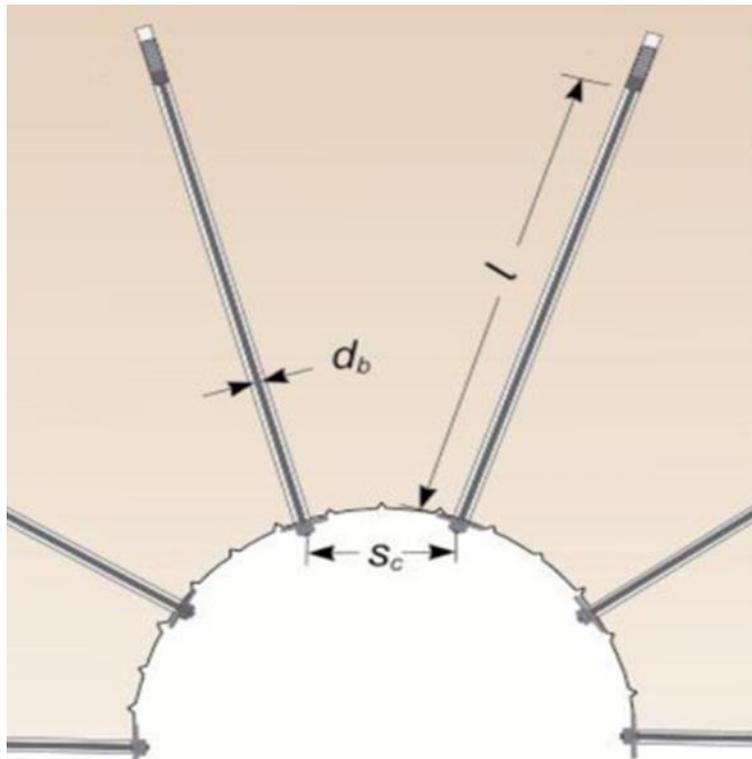


Figura 27 — Esquema de pernos

$$Psm = \frac{Tbf}{Sc * Sl}$$

d_b : Diámetro del perno (m)

l : longitud el libre del perno (m)

es : modelo yunque del perno (MPa)

S_c : espaciado perimetral circunferencial (m)

Sl : espacio longitud del perno (m)

Tfb : carga máxima de perno de una prueba pull test (MN)

Pms : presión máxima del soporte

$$Pms = \frac{0.21 \text{ MN/m}^2}{1.5 \text{ m} * 1.5 \text{ m}} = 0.09 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 0.09 \text{ MPa}$$

Parámetros que se usan para Realizar el Problema

- Avance del disparo $x = 1,80$
- Deformación máxima $x = 5,4 \text{ mm}$
- Radio de excavación $1,6\text{m}$
- Radio plástico $1,84 \text{ m}$

Con dichos resultados se determinó el desplazamiento de cierre y la presión interna que requiere antes que se presente un relajamiento de rocas, con los cuales se calculan las siguientes relaciones.

Relación entre (distancia al frente de excavación / radio de excavación) = $1.80/1.60 = 1,13$

Relación entre (radio plástico / radio de excavación) = $1,84/1,60 = 1,15$

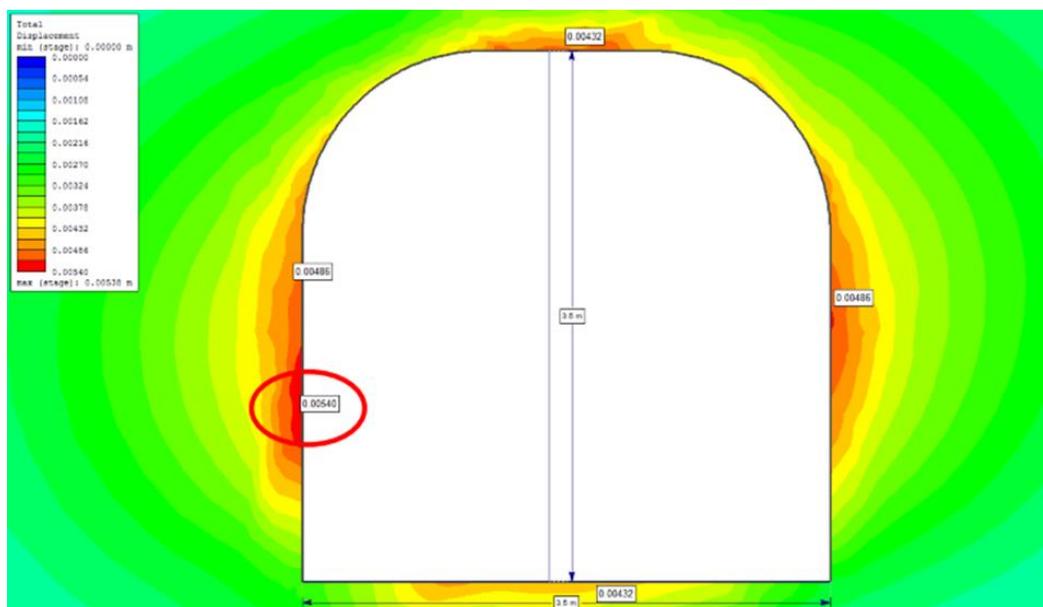


Figura 28 — Deformación en excavación 3.0 x 3.0 en calidad de roca III B

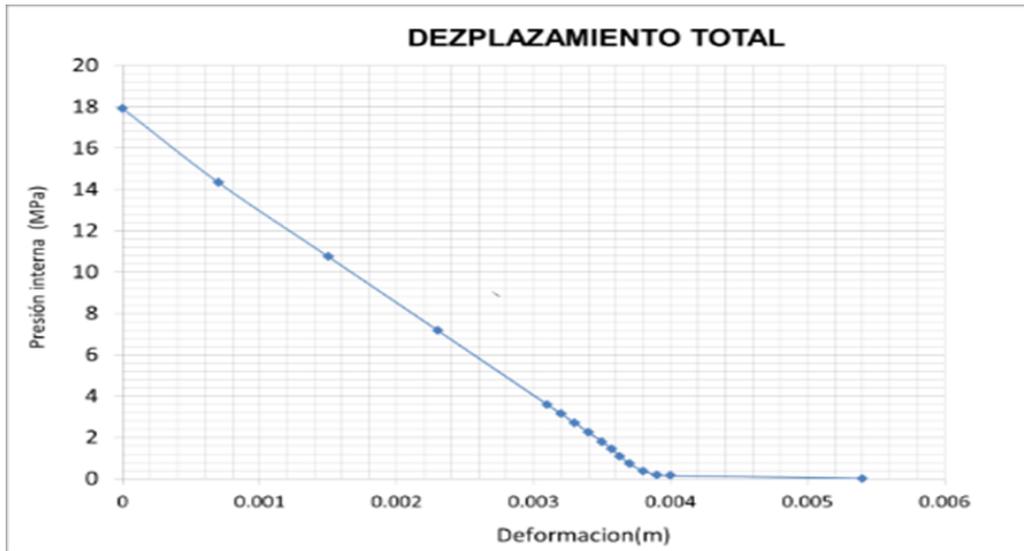


Figura 29 — Estimación de desplazamiento de cierre / máximo desplazamiento de cierre

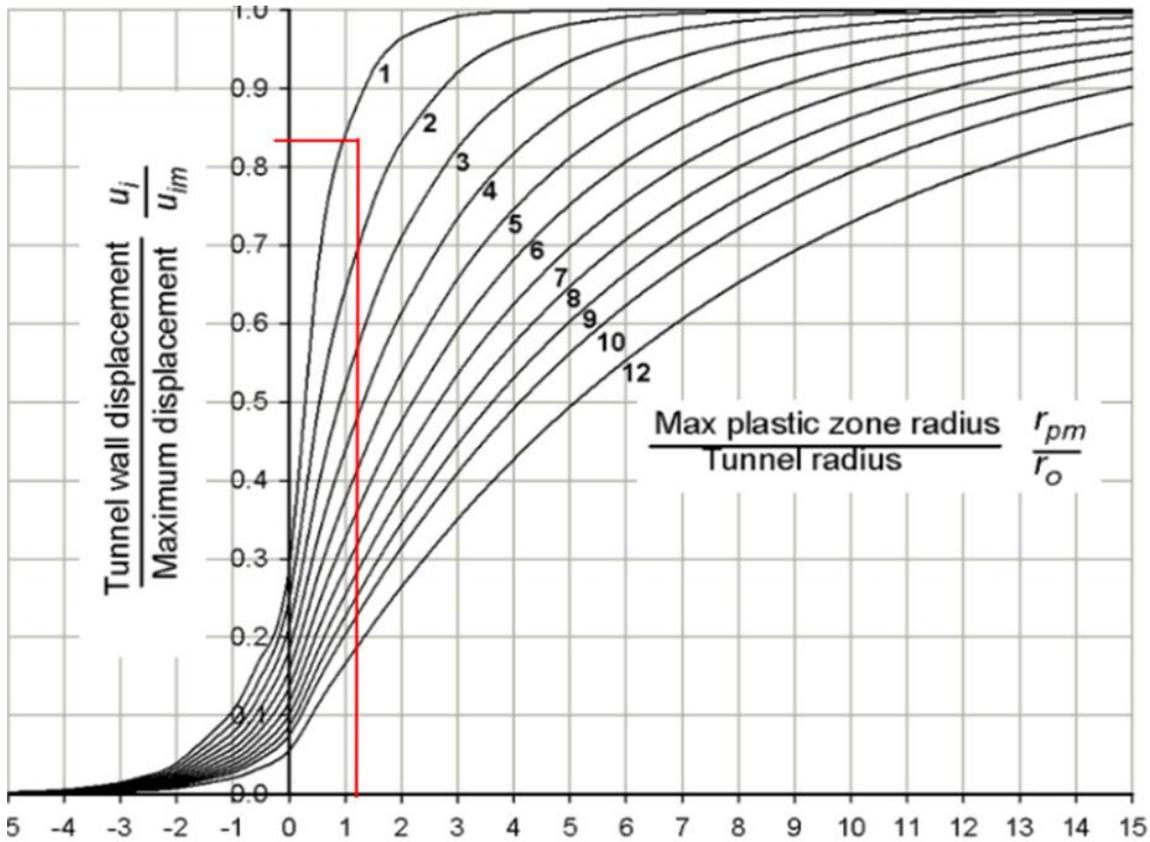


Figura 30 — Estimación desplazamiento de cierre

Relación entre (desplazamiento de cierre / máximo desplazamiento de cierre) = 0,83

Desplazamiento de cierre = 0,83 * máximo desplazamiento de cierre

Desplazamiento de cierre 5,4 mm * 0,83

Desplazamiento de cierre 4,48 mm

Consideraciones del perno de sostenimiento



En la figura se muestra una simulación de perno helicoidal de 7 pies tensionados con la misma carga, verificando mayor falla en los pernos sin placa de sujeción.

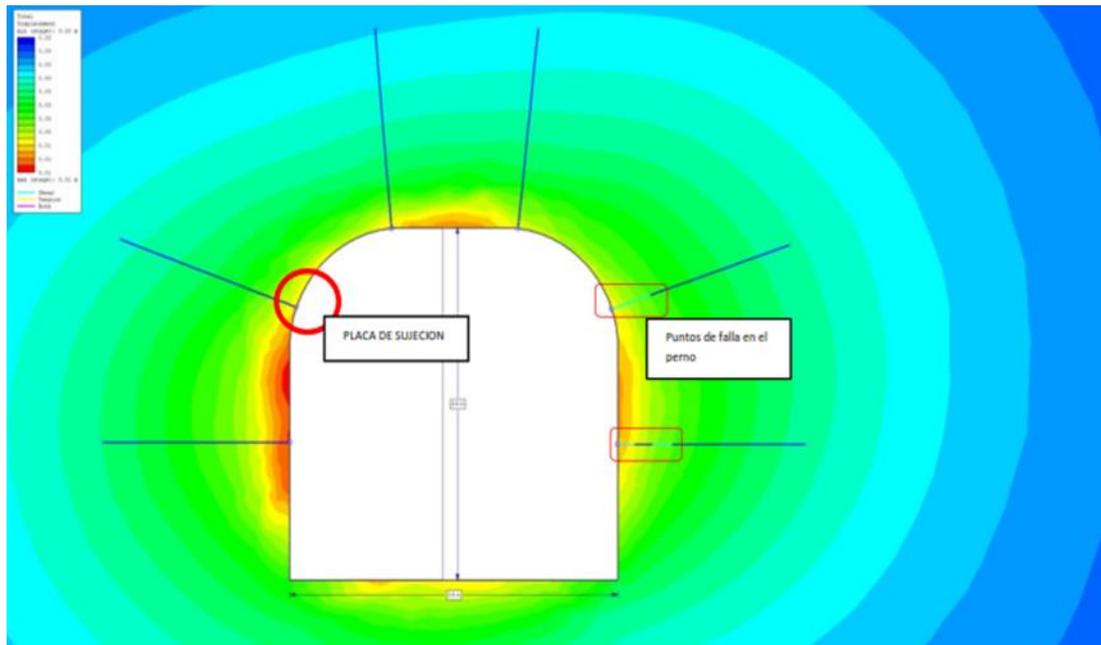


Figura 31 — Falla del perno tensionado por corte con placa de ejecución

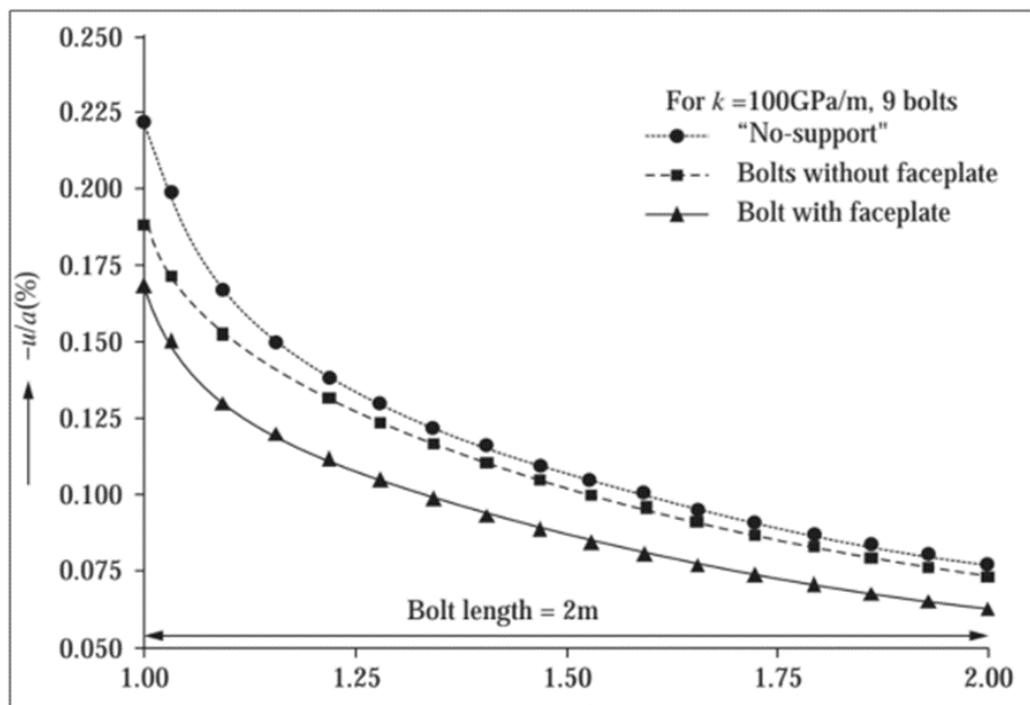


Figura 32 — Diferencia de desplazamiento de la excavación con perno sin placa y con placa de Ejecución

5.2.7.2 Discusiones de radio plástico

para determinar radio plástico se tomaron en cuenta aspectos como el estado tensional calculado con el método de Shorey, clasificaciones geomecánicas como el

GSI y MRM y además parámetros requeridos por el software geomecánica RS V9 para la simulación.

En esta situación el radio de plástico con el desplazamiento generado debe ser controlado inmediatamente con un elemento de sostenimiento que ejerce la presión interna requerida por el terreno, para esta demostración de eficiencia y seguridad brindada se hizo estudio de convergencia longitudinal de confinamiento en excavación.

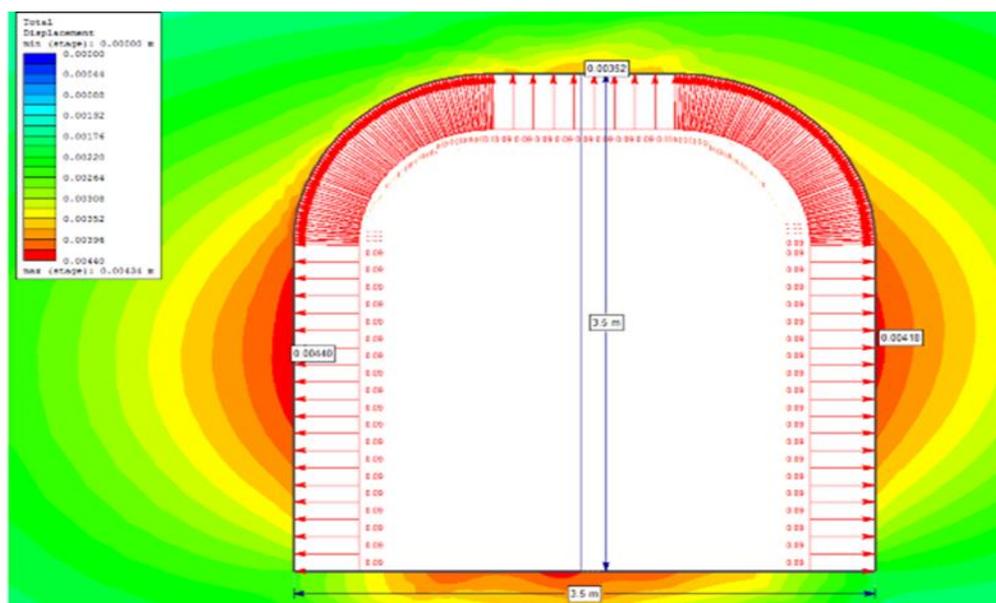


Figura 33 — Presión interna se soporte crítico y desplazamiento de cierre de excavación

5.2.8 Sostenimiento en la Rampa 7040 Helicoidales y malla 2 pulgadas * 2 pulgadas

Después de todo la evaluación, se aplicó el sostenimiento en la Rampa 7040 para controlar relajamiento de rocas con estándar nuevo de sostenimiento, cambiando la malla de 4 pulg. * 4 pulg. a 2 pulg * 2 pulg. y también con pernos helicoidales de 7 pies. además, intercalado con perno Split set de 5 pies.

Colocado de escudo al frente de la labor antes de iniciar de perforación avance de construcción de la Rampa.

5.2.8.1 Especificaciones del estándar nuevo de sostenimiento de perno helicoidal

- El soporte con pernos helicoidales y malla electrosoldada se colocará todo el contorno de la labor, en función de la cartilla geomecánica y de acuerdo al mapeo geomecánica.
- Los pernos helicoidales se deben instalar de manera perpendicular al sistema de fracturamiento principal.



- Se empleará una broca de 32 mm de diámetro para la perforación de los taladros en lo que se instalará el perno helicoidal.
- La longitud de perforación del taladro será 10 cm menor de la longitud del perno helicoidal a instalar.
- El diámetro de pernos helicoidales será de 19 mm su longitud será de 7 pies, uno de los extremos estará viciado con 45°.
- La platina de acero (placa de sujeción) será de 20 cm x 20 cm x 5 mm de espesor y la tuerca con cabeza esférica para barra helicoidal de 19 mm
- El tramo del perno helicoidal que debe sobresalir por fuera de la roca, para realizar el ajuste debe ser de 10 cm a 15 cm por deformación de superficie del macizo rocoso.
- La dimensión de cartucho de resina será de 28 mm por 305 mm y fraguado es rápido de 1 minuto y el cartucho de cemento es de 28 mm por 305 mm de fraguado rápido es de 8 horas.
- El tiempo de hidratación de cartucho de cemento será de 5 a 10 minutos
- El tiempo de batido debe ser de 15 a 20 segundos a partir que el perno helicoidal llegue al fondo del taladro.
- La longitud del perno helicoidal según la sección, se indica en el cuadro siguiente.

Tabla 14 — La longitud del perno helicoidal según la sección

Sección de la labor	Longitud del perno helicoidal
2,50 m x 2,50 m a 2,70 m x 2,70 m	6 pies
3,00 m x 3,00 m a 4,50 m x 4,50 m	7 pies
Mayores de 5,00 m x 5,00 m	8 pies

- Cantidad de cartuchos de cemento y resina se colocará están en función a la longitud del taladro.

Tabla 15 — Cantidad de cartuchos de cemento y resina por taladros

Longitud del perno helicoidal (pies)	Cartuchos de resina	Cartuchos de cemento
4	1	2
5	2	2
6	2	2
7	2	4



5.2.8.2 Instalaciones de Perno Helicoidal y Malla

- Colocar la malla extrema al extremo (todo contorno de la labor)
- Conserva un espacio en la fila según como se muestra en la sección y un espaciamiento entre filas intercaladas de 0,80 m a 1,40 m
- Se usará una malla de 2 pulg. * 2 pulg. según la evaluación
- El traslape entre paños de malla debe conservar una longitud de 30 a 40 cm.

5.2.9 Instalación de intermedio con perno Split set

- Los Split set deben instalarse de manera perpendicular al sistema de fracturamiento principal.
- Para la perforación de los taladros en lo que se instalará el Split set, se utilizará brocas de 36 mm de diámetro.
- La longitud de perforación del taladro será 3 pies, mayor de la longitud de Split set a instalar.
- El diámetro de Split set será de 39,5 milímetros su longitud será de 5 pies con una punta cuneca de 8 a 10 cm de largo.
- La platina de acero (placa sujeción), será de 15 cm x 15 cm x 0,40 mm y el orificio es 42,5 mm
- Mini Split set si se utilizara en el traslape de malla
- El diámetro de mini Split set será de 37 milímetros, su longitud 30 cm con punta cónica de 8 cm de largo.
- Para la instalación de malla y pernos, se utilizará una plataforma o sobre una carga nivelada.

5.2.10 Instalación de escudo

- Colocar un tramo de malla de 4*4 pulgadas, en el frente de la labor cubierto toda
- Instalar 5 pernos de Split set de 5 pies antes de marcar la malla de perforación
- Sostentamiento debe ser todo el contorno de la labor

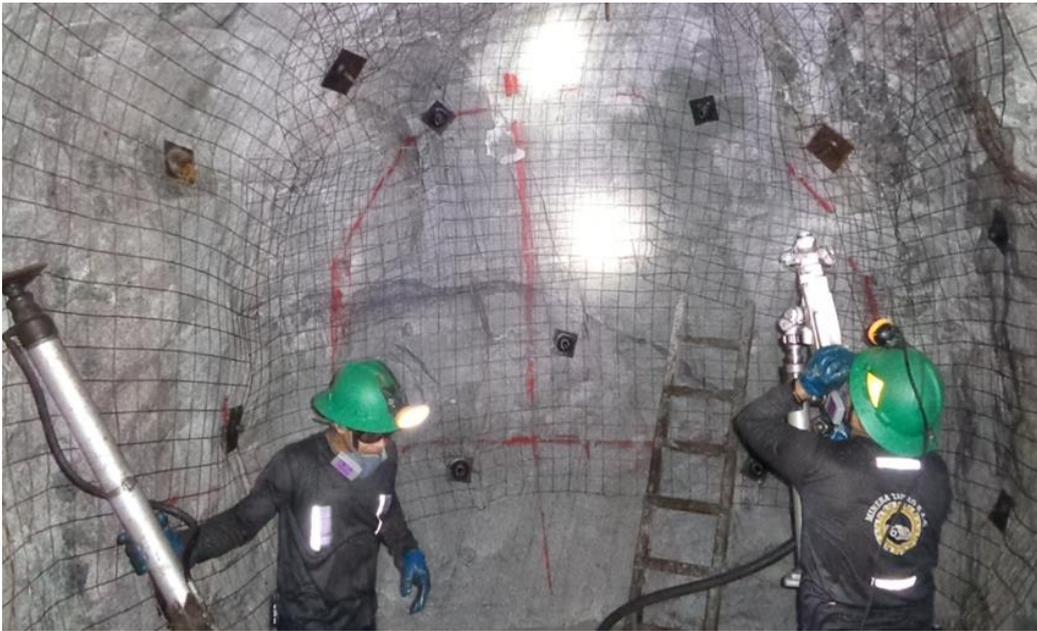


Figura 34 — Realizando el sostenimiento en la rampa 7040 con pernos helicoidales y la malla 2 por 2 pulgadas



Figura 35 — Encargado de operación verificando el sostenimiento de la rampa 7040 y colocado de escudo en el NV 1467

Así de esta manera está avanzando la construcción de la 7040 en la veta techo de la Karola.



Figura 36 — Avance de la Rampa 7040 en el nivel 1467 según el estándar establecido después del relajamiento de rocas

5.2.11 Discusiones de Sostenimiento de la rampa 7040

sostenimiento de pernos helicoidales de 7 pies y malla de 2pulg * 2pulg se empleó a medida que estaba realizando la construcción de la rampa 7040, intercalado con pernos Split set de 5 pies, perforado para perno Split set, la longitud fue 8 pies e instalado 5 pies, 3 pies se quedaba como taladro de alivio, para liberar descargue de energía.

a) Malla Electro Soldada lisa 2 pulgadas * 2 pulgadas

Los alambres deben resistir sin presentar ciertas transversales en la parte exterior de dobles, 1 doblado a 180° grados sobre el mandil indicado, la ductilidad se mide mediante la prueba de estiramiento a la rotura.

- Diámetro del alambre = 3.40 mm +/- 0.08 mm
- Longitud de la malla = 2.02 m * 50 m
- Cocada = 2 Pulg. * 2 Pulg.

b) Perno Helicoidal de 7 pies

Las barras de acero con resaltes en forma de hilo helicoidal, se producen en los diámetros de nominales de 19, 22, 25, 32 mm, pero en el proyecto que realizamos, fue utilizado 19 mm



Figura 37 — Perno helicoidal

Extraído de Aceros Arequipa

Tabla 16 — Dimensiones de perno helicoidal}

Designación	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Núcleo, mm (*)		Carga Mínima Según Astma615		Peso Nominal (*) kg/m
		mm	Mayor	Menor	Fluencia	Tracción	
		Do	A	B	lbf (KN)	lbf (KN)	
# 6	19	21,5	18,3	17,7	33000 (146)	44000 (195)	2,14
# 7	20	24,6	21,4	20,6	45000 (200)	60000 (270)	2,85

c) Tuercas y Placas con sus respectivas dimensiones

Tuerca de fijación: fabricada de acero o de fundición nodular con grafico helicoidal, que sirve al complemento de barra helicoidal.

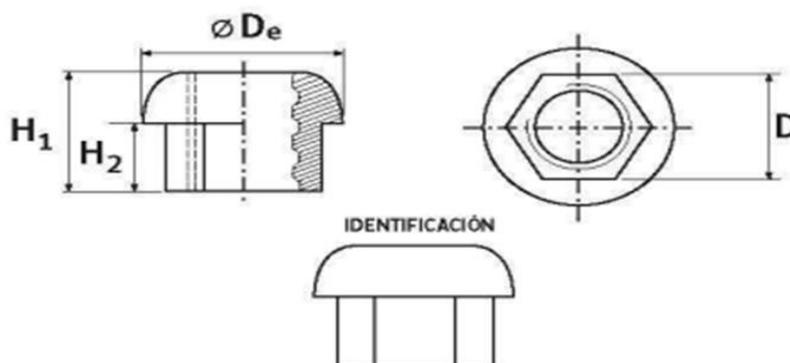


Figura 38 — Tuercas helicoidales

Tabla 17 — Dimensiones de tuerca de fijación con sus dimensiones

Diámetro nominal	Norma de fabricación	Dimensiones (mm)				Peso unitario
		Diámetro exterior	Altura total	Altura de vástago	Distancia entre caras	
19	ASTMA194	42.7	34.9	22.0	31.8	160
	ASTM A536	42.0	34.9	22.0	31.8	160

Placa de sujeción: se comercializa con los diámetros nominales, respecto a la barra helicoidal de 19 mm en dos diseños, normal y volcán.

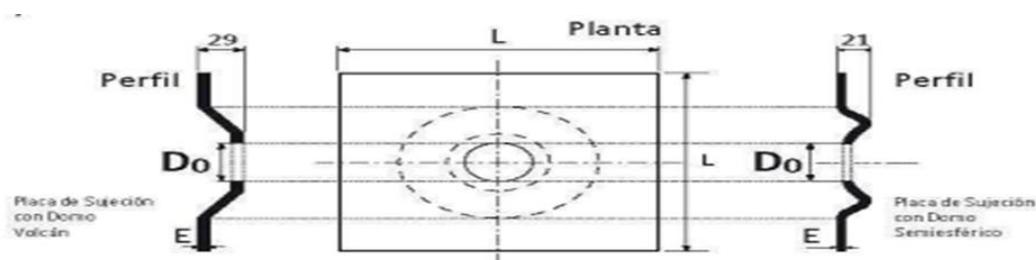


Figura 39 — Placas de sujeción

Tabla 18 — Dimensiones de placa de sujeción detallada

Diámetro Nominal del Perno de Fortificación (mm)	Dimensiones (mm)			
	Espesor €	Tipo	Dimensiones de Orificio (Do)	Lado (L)
19	4,5+/-0,45	Normal y Volcán	32,0+/-1,0	200+/-5,0
22			38,0+/-1,0	
25			44,0+/-1,0	
32			44,0+/-1,0	

d) Resina

Este producto es conformado por un componente a la base de polímeros y otro a la base de peróxidos orgánico dentro de una ampolla (tipo A) o en un compartimiento separado por un film de poliéster (tipo B) al mezclar ambas componentes en la instalación de perno se produce una reacción química instantánea que permite la fijación de los pernos.





Figura 40 — Cartucho de resina

Características del producto

- Tipo de empaque y film de poliéster o poliamida
- Consistencia y mezcla tixotrópica
- Viscosidad = 12000 cps
- Masa aproximada = 545 gr. (28*305mm)
- Diámetro del cartucho = 28 mm
- Resistencia a la compresión (8h) = 390 kg/cm² (38,2 MPa)
- Prueba de arranque de (15min) = 2,5 a 3 ton/pie

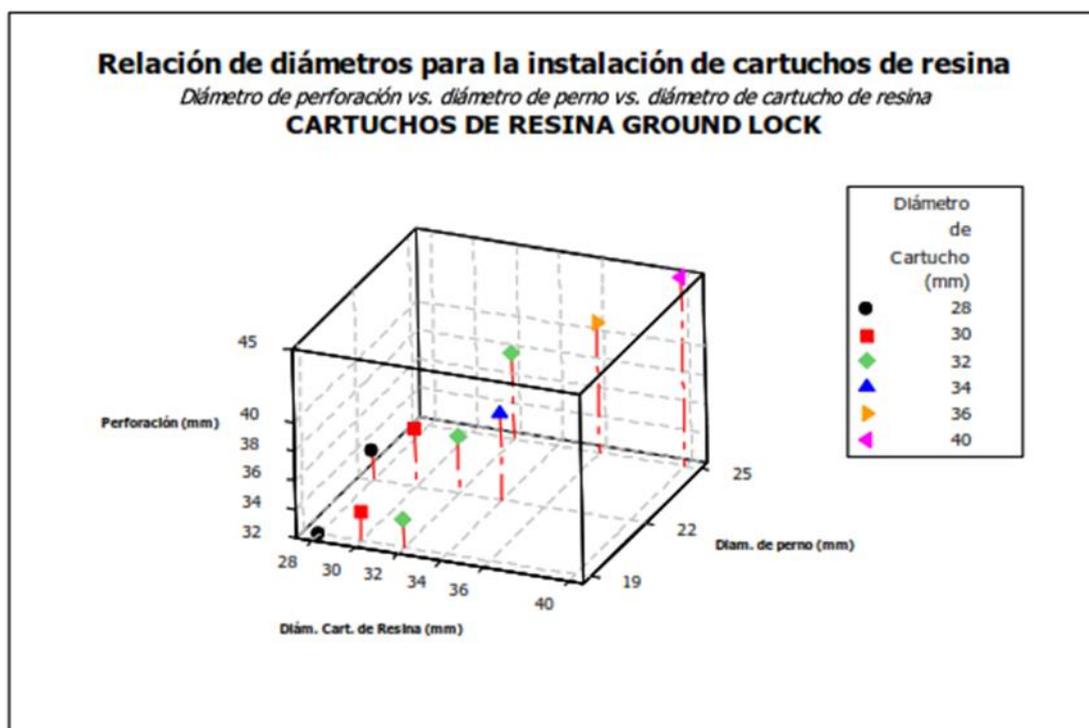


Figura 41 — Relación de diámetros

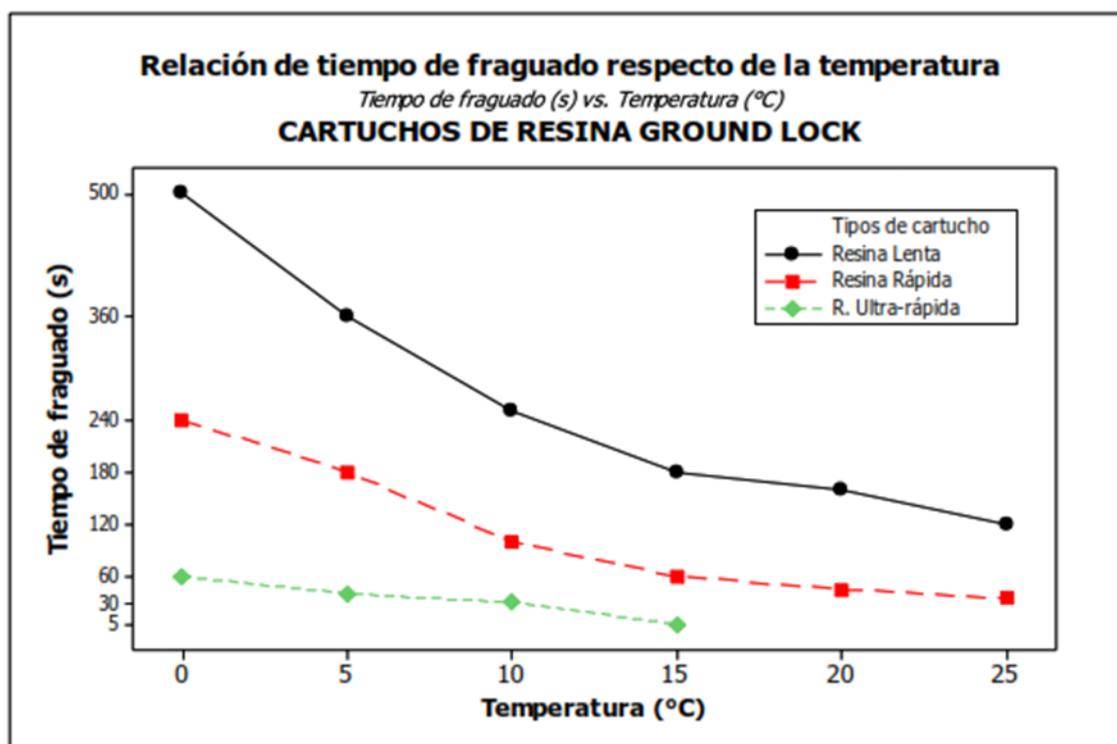


Figura 42 — Tiempo de fraguado de resina

e) **Cartucho de Cemento**

“Este producto consiste en una mezcla cementicia contenida en un cartucho de plástico perforado, que al ser sumergido en el agua permite su humectación controlada para ser utilizado como parte de sistema de sostenimiento” (Cia. Minera Poderosa S.A., 2018).

Tabla 19— Características del producto cartucho de cemento

Características del producto	
Tipo de empaque	Poliéster
Apariencia	Polvo seco y firme
Masa del cartucho	340 g
Longitud del cartucho	305 mm
Diámetro de cartucho	29 mm
Resistencia a la compresión (8 h)	110 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (24 h)	250 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (3 d)	375 kg/cm ²
Prueba de arranque (24 h)	3 ton/pie





Figura 43 — Cartucho de CEN COM (cemento) lista para su uso

f) Perno Split Set

Perno de anclaje de categoría de fracción que genera fuerzas radicales a lo largo de su longitud inserta en la roca, aumenta la resistencia de macizo rocoso, perno de Split set (Split Bolt) tiene una planchuela de acero la cual ayuda en la instalación del sostenimiento con mallas metálicas (Marañon Poderosa U.E.A, 2018).



Figura 44 — Pernos Split set de sostenimiento

Tabla 20 — Propiedades de Split set con sus medidas

Propiedades	ASTM A1011/A1011M GRADO 60	JIS G 3101SS540
Límite de fluencia(min)	410 MPa	400 MPa
Resistencia a la rotura (min)	520 MPa	540 MPa
Alargamiento (en 50 mm)	16%	16 %

Tabla 21 — Dimensiones de Split set

Dimensiones de la planchuela		
Espesor (mm)	4.0	+/- 0,45
Lado (mm)	150 x 150	+/-0,50
	200 x 200	
Diámetro del orificio (mm)	42.5	+/- 0,50
Propiedades mecánicas y resistencia máximas		
Tracción del tubo SPLITBOLT		
Carga de resistencia (kg-f)	Tracción (kg/mm ²)	Elongación (%)
12500 min	52,4 min	16
Tracción del SPLITBOLT Con el anillo		
Carga de resistencia (kg-f)	Tracción (kg/mm ²)	
13000 min	54,5 min	

g) Discusión de colocado de escudo

Escudo o guarda cabeza se colocará en cada secuencia de perforación avanzada (labor avanzada y sostenimiento al tope y escudo colocado) con la finalidad de a segurar cualquier evento de relajamiento de rocas minimizando accidentes y daños materiales.

- malla de 4 pulg. * 4 pulg. de 9 metros cuadrados
- perforara 5 taladros de 5 pies
- instalará pernos de 5 pies de Split set

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Considerando el objetivo general las condiciones geomecánicas que se indica en la rampa 7040 en las rocas granitos y granodioritas de tipo IIIB RMR 41-50 y GSI F/R no presenta fracturas influentes de sistema de fallamiento paralelos al eje de la labor formando una orientación NW-SE con buzamiento a mayor de 80° formando unas cuñas en la corona de la labor además las fallas se caracterizan por ser cerradas no hay presencia de agua.
- Se ha determinado las causas de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040 U.E.A. Marañón, en el avance desde CR N1 a 50 m esto ha generado en ambientes de incremento de altos esfuerzos, se produce cuando hay movimientos sísmicos por condiciones naturales o provocados por el hombre con liberación de fuente de energía, relajamiento de rocas al producir liberación de esfuerzo desde fuente oh foco si transmiten ondas de compresión cuando esta alcanza la cara libre y refleja como onda de tracción, ocurre en cualquier instante y posición originando daños materiales y accidente de los trabajadores.
- Para el control de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040 U.E.A. Marañón se ha determinado el mapeo geomecánico y el sostenimiento: Mapeo geomecánico constante y evaluación según cartilla geomecánica de Poderosa SA. Perforar 10 pies en la corona ambos lados a 45° grados en el tope de la labor colocar carga de 500 gr. de explosivo Emulsión de 300 en la rotura se libera energía de onda de compresión estos disparos no dañan ni debilita sostenimiento de la labor.

Se realizo sostenimiento con pernos helicoidales de 7 pies intermediado con pernos de Split set de 5 pies, pero perforados 8 pies de taladro 3 pies restantes queda taladro de desviación de energía, colocado con malla 2 pulgadas por 2 pulgadas además también se coloca escudo al frente de la labor con pernos Split set de 5 pies y malla 4 pulgadas por 4 pulgadas por cada guardia.



6.2 Recomendaciones

- En la Rampa 7040 en el nivel 1467 evaluar constantemente las condiciones geomecánicas realizando mapeos geomecánicas si la roca cambia tipo IIIB RMR 41 – 50 de inmediato aplicar según cartilla geomecánica, ver las fallas de buzamientos de direcciones como cambia de NW – SE, esto debe hacer personas capacitadas conjuntamente con al área geomecánica.
- Monitorear relajamiento de rocas por guardia y registrar según eventos ocurridos con qué frecuencia actúa (leve regular fuerte y muy fuerte) también indicar las direcciones del evento.
- Perforar 10 pies de taladro en las coronas a 45° cada dos guardias para desviación de energía esto ya es estándar, en caso de sostenimiento colocar malla de 2 pulg por 2pulg y pernos helicoidales 10 unidades de 7 pies y 5 unidades pernos Split set 5 pies, pero perforado 10 pies de taladro por un disparo realizado.
- En cada siglo de avance de la Rampa 7040, siempre se va colocar un escudo ò guarda cabeza con pernos Split set de 5 pies y más malla 4 pul por 4 pulg en el frente de la labor antes de iniciar perforación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCO M, Andrés Avelino. *Control de Inestabilidad de la Masa Rocosa con la Aplicación de Esfuerzo por Método Numérico en Galería de Avance Nivel 2640 Contrata New Horus Mina Atahualpa Cia minera Poderosa S.A. Puno : s/e,*

Tesis (Ingeniero de minas) Universidad Nacional del Altiplano, 2018. s/n. (pag 32)

ABCO Marron, Andres Avelino. *Control de Inestabilidad de la Masa Rocosa con la Aplicación de Esfuerzo por Metodo Numerico en Galería de Avance nivel 2640 Contrata New Horus Mina Atahualpa Cia Minera Poderosa S.A. Puno : S/E,*

Tesis (Ingeniero de Minnas) Universidad Nacional del Altiplano, 2018. (pag. 32)

AGUILERA TIZNADO, L., VILLALOBOS CIFUENTES, S. y VILLALOBOS JARA, F.
2 *Metodología para la Evaluación del Potencial de Estallido de Rocas y Diseño de Soporte Dinámico en Túneles Mediante Modelamiento Numérico.* Santiago de Chile : S/E, Seminario de Actualización Profesional departamento de Ingeniería Civil, 2018. (pag. 24)

ARANDA ROJAS, Pedro. *Evaluación Geomecánica para el Diseño de una Labor de Explotación, al Sistema de Vetas de la Mina Orion Chala Arequipa.* Arequipa : S/E,

Tesis (Ingeniería de Minas) Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. (pag. 7)

BERROA SUAREZ, Edwar Alexander. 2016. *Optimización de las Operaciones Mineras Mediante la Profundización de la Rampa Negativa entre los Niveles 2900 - 2650 Vankar EIRL SAC. .* Arequipa : S/E,

Tesis (Ingeniero de Minas) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. (pag 5)

BERROA SUAREZ, Edwar alexander. *Optimización de las Operaciones Mineras Mediante la Profundización de la Rampa Negativa entre los Niveles 2900 - 2650 Vankar EIRL SAC.* Arequipa : S/E,

Tesis (Ingeniero de Minas) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. (pag 8)

BERROA SUAREZ, Edwar Alexander. *Optimización de las Operaciones Mineras Mediante la Profundización de la Rampa Negativa entre los Niveles 2900 - 2650 Vankar EIRL SAC.* Arequipa : S/E,

Tesis (Ingeniero de Minas) Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. (pag 10)



BERROA SUAREZ, Edward Alexander. 2016. *Optimizacion de las Operaciones Mineras mediante la Profundizacion de la Rampa Negativa entre los Niveles 2900-2650 Vankar EIRL SAC. Minera Aurifera Retamas SA.*: Arequipa: S/E

Tesis (Ingeniero de Minas) Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2016. (pag 11)

BERROA SUAREZ, Edward Alexander. 2016. *Optimizacion de las Operaciones Mineras Mediante la Profundizacion de la Rampa Negativa entre los Niveles 2900 - 2650 Vankar EIRL SAC.* Arequipa : S/E,

Tesis (Ingeniero de Minas) Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2016. (pag 12)

CALCINA BEDOYA, Edwin. 2018. *Diseño del Bypass 442 NV- 3340 para Opimizar la Seguridad de las Operaciones.* Lima : S/E, 2018. S/E.

CAÑAPAÑA CCORA, Álvaro Martin. 2019. *Determinación de las Condiciones del Macizo Rocoso en la Profundización del Avance en la Zona Esperanza del Nivel 23 Mediante un Análisis Geomecánico en la Unidad Minera Americana de la Cia. Minera Casapalca.* : UNAPuno, 2019. S/n.

CAVIERES ROJAS, patricio y SILVA QUINTANA, Manuel. 1990. *el Fenomino de Estallido de Rocas en Mina el Teniente.* Santiago Chile : s/e, 1990. S/E

Cia. Minera Poderosa. 2019. *Norma ante Estallido de Rocas.* Pataz : S/E, 2019.

Cia. MInera Poderosa S.A. 2019. *Estandar Operativo Limpieza de Mineral y Desmonte de Galeria Sub Nivel y Tajos.* U.E.A. Marañon : S/E, 2019.

—. **2018.** *Estandar Operativo Perforacion con Maquina Jackleg.* U.E.A. Marañon : S/E, 2018.

Cia. Minera Poderosa SA. 2018. *Estandar Operativo Sostenimiento con Perno Helicoidales y Malla.* S/E, U.E.A. Marañon 2018. pag 01.

Cia. Minera Poderosa SA. *Estandar Operativo Voladura en Labores Horizontales y Tajos.* U.E.A Marañon : S/E, 2018.

Cia.Minera Poderosa SA. *Reseña Historica.* Lima : , 2019.

Cia. Minera Poderosa SA. *Sostenimiento de Labores de avance.* Trujillo : s/e, 2019.



COBA TERAN , Roy Edison. 2017. Modelo Geométrico y Características Estructurales del Sistema de Vetas de Alto Angulo al Norte de Batolito de Pataz Mina Poderosa. Cajamarca : S/E, Tesis (Ingeniero Geologo) Universidad Nacional de Cajamarca 2017. S/E. (pag 30)

COBA TERAN, Roy Edison. 2017. Modelo Geomecánico y Características Estructurales del Sistema de Vetas de Alto Angulo al Norte de Batolito de Pataz Mina Poderosa. Cajamarca : S/E, Tesis (Ingeniero Geologo) Universidad Nacional de Cajamarca 2017. S/E. (pag 31)

CROVES, ET AL. 1998. Geomecanica de Rocas. s.l. : s/n, 1998. s/n.

CRUZ LUCANO, Jhon Edward y TOVAR HUAMÁN, Jorge Luis. Pérdidas en Perforación y Voladura en la Rampa Carmen, Nivel 125 de la Unidad Chungar de Compañía Minera Volcan S.S.A. Huancayo : S/E, 2015. S/N.

CUADROS AQUINO, Gabriel. Evaluacion Geomecánica para el Cambio de Metodo de Open Stopping a Corte y Relleno Ascendente Convencional en la Veta Atahualpa - Lola en la Mina Poderosa. Tesis Ingeniero de Minas) Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga : s/e, 2015. s/n. (pag 49)

CUADROS AQUINO, Grabiél. Evaluacion de Geomecanica para el Cambio de Metodo de Open Spotting a Corte y Relleno Ascendente Convencional en la Veta Atahualpa - Lola Cia Minera Poderosa SA. Huamanga : S/E, 2015. S/N. (pag 31)

CURASMA CASAVILCA , Nemesio Demetrio y QUISPE BUENDIA, Raul Florentino. Optimizacion del proceso de minado y de los costos de explotacion en la labores del nivel 610 unidad Julcani. Lircay - Huancavelica : S/E, 2019. (pag 35)

CURASMA CASAVILCA, Nemesio Demetrio y Quispe Buendia, Raul Florentino. Optimizacion del proceso de minado y de los costos de explotacion en las labores del nivel 610 unidad Julcani minera Buenaventura. Lercay - Huancavelica : S/E, 2019. (pag 36)

CURASMA CASAVILCA, Nemesio Demetrio y Quispe Buendia, Raúl Florentino. Optimizacion del Proceso de Minado y los Costos de Explotacion en las Labores del Nivel 610 - Unidad Julcani. Huancavelica : S/E, 2019. S/E. (pag 36)



ES, QUIMICA. <https://www.quimica.es/enciclopedia/rendimiento.html>. s/n. [En línea] [Citado el: 22 de febrero de 2021.] s/n.

GEOMECÁNICA. Wikipedia. s/n, s.l. : Wikipedia, la Inciclopedia libre, 2020, Vol. s/v. s/n.

MALLQUI Berrocal, Miguel A. 2020. *Mitigacion del Estallido de Roca en Excavaciones Subterráneas.* Trujillo : s/e, 2020. s/n.

Marañon Poderosa U.E.A. *Estandar de Sostenimiento de Perno Split Set.* U.E.A. Marañon Poderosa : s/e, 2018. s/n.

MEDINA TAPIA, Victor Hugo. 2015. *prevencion de accidentes por el estallido de rocas en labores de la mina casapalca del año 1980 al 2015.* lima : san marcos , 2015. s/e. (pag 6)

Mnería y Cosntrucción, Chilena.
<https://www.facebook.com/conminechile/posts/236937920128197>. [En línea] [Citado el: 21 de junio de 2017.] <https://www.facebook.com/conminechile/posts/236937920128197>. s/n.

PEREZ PORTO, Julián. 2015. *Definicion de Rampa.* Lima : s/e, 2015. s/n.

QUÍMICA ES. <https://www.quimica.es/enciclopedia/rendimiento.html>. [En línea] [Citado el: 22 de febrero de 2021.] <https://www.quimica.es/enciclopedia/rendimiento.html>.. s/n.

S/A. 2020. <https://tesisdeinvestig.blogspot.com/2014/06/marco-teorico.html>. [En línea] 25 de mayo de 2020. <https://tesisdeinvestig.blogspot.com/2014/06/marco-teorico.html>.. s/n.

TAPIA MEDINA, Hugo V. *Prevención de Accedentes por Estallido de Rocas en Construcción de Túneles y Obras Civiles Subterранеas.* Lima Perú : San Marcos, 2015. (pag 15)

VARGAS NIQUÍN, Ever. 2010. *Optimizaciòn del Sostenimiento con Shotcret usando Desmonte Zarandeado como Agregado, en la Construcción de la Rampa Principal MARSA.* Trujillo : S/E, 2010. S/N. (pag. 7)

ZAPATA DEGREGORIO, Mónica Paula. *Control de Costos en Operación Minera Mediante el Método "Resultado Operativo".* Lima : San Marcos, 2016. (pag.27)



ANEXOS



Anexo I MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 22 — Condiciones Geomecánicas y control de relajamiento de roca en la profundización de la rampa 7040, U. E. A. Marañón 2020

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><u>Problema General</u> ¿Cuáles son las condiciones geomecánicas que se producen relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020?</p>	<p><u>Objetivos General</u> Determinar las condiciones geomecánicas que produce relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.</p>	<p><u>Hipótesis General</u> Las condiciones geomecánicas producen relajamiento de rocas en la profundización de rampa 7040 U.E.A. 2020.</p>	<p><u>Variable independiente</u> Condiciones geomecánicas</p>	<p><u>Tipo de investigación</u> Cuantitativa <u>Nivel de investigación</u> Descriptivo - correlacional <u>Diseño investigación</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se tomarán datos bibliográficos relacionados al tema de investigación. • Se tomarán datos in situ • Se procesarán los datos • Se publicarán los resultados
<p><u>Problema Especifico</u> ¿Cuáles son las causas de relajamiento de rocas en la profundización de Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020?</p>	<p><u>Objetivos Especifico</u> Analizar las causas de relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.</p>	<p><u>Hipótesis Especifico</u> Existen causas para relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040 U.E.A. Marañón 2020</p>		
<p>¿De qué manera se puede controlar el relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020?</p>	<p>Controlar el nivel del riesgo de relajamiento de rocas de roca para el avance en la profundización Rampa 7040, U.E.A. Marañón 2020.</p>	<p>Se controlará el relajamiento de rocas en la profundización de la Rampa 7040 U.E.A. Marañón 2020</p>		



Anexo II

Tabla 23 — Reporte de relajamiento de rocas en la profundización de la rampa 7040 en el nivel 1467

REPORTE DE RELAJAMIENTO DE ROCAS EN RAMPA 7040										
Hora	ECM	MINA	Labor	Nivel	Intensidad	Posición			Referencia Punto topográfico	Comentarios
						Hastial izquierdo	Hastial derecho	Corona central		
22:42:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte			X	ultimo de la labor con proyección al frente	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
22:45:05	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte		X		en el tope de la labor fuerte sin proyección	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
22:49:10	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte		x	X	en el frente de la labor sin proyección	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
22:50:13	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte			X	en el techo de la labor sin proyección al tope	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
10:53:00p.m.	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve	x			en el tope de la labor sin proyección	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
22:56:25	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular			X	en el techo de la labor sin proyección al tope	Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica



23:11:30	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular		X		en el hastial derecho y en el tope de la labor	Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica
23:33:35	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve	x		X	con proyección en el tope de la labor	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
23:47:23	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve			X	sin proyección en el tope de la labor	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
23:50:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve			X	en el techo del tope de la labor	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
0:13:50	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve			X	en el punto ultimo sin proyección	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
0:28:17	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X		en el punto ultimo sin proyección	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
0:30:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular			X	en el de la labor sin proyección	Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica
0:42:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X		en el techo de hastial de labor	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea,



									registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
0:50:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve	X			en el último punto de la labor Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
0:55:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X		en el tope de labor sin proyección Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
10:08:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular			X	en el último punto de la labor Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica
10:10:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular			X	evento con proyección en el punto top 13 aproxima 22m Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica
10:28:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X		en el tope de la labor Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
10:40:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular	X			en el tope de labor hastial izquierda Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica
13:16:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X		evento leve en el tope de labor Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.



14:40:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	regular		X	en la corona de labor	Retirarse a un lugar seguro, monitorear la magnitud, frecuencia del evento, comunicar a la supervisión, evaluar y determinar las acciones a realizar en la labor (bloquea con cinta prohibitiva, monitorea la labor), comunicar al área de geomecánica
15:20:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X	techo izquierdo sin proyección	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
20:47:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte		X	en el techo de labor al tope	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
23:04:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte		X	en el piso de hastial derecho	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
23:39:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve	X		en el techo izquierdo en el tope	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
0:42:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte		X	en el tope de labor	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
1:20:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte		X	con proyección de en el techo	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
2:26:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve		X	en el techo del tope	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea,



										registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
3:47:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	fuerte	X			en el tope	Retirarse a un lugar seguro, Bloquear la labor con cinta prohibitiva, monitorear la magnitud, frecuencia y registrar en el cuaderno de eventos, comunica a la supervisión, solicitar la evaluación de las áreas de soporte
16:10:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve			X	en el tope de labor	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.
90:40:00 a.m.	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	muy fuerte		X	x	evento sin proyección en la corona de labor	Retirarse inmediatamente a un lugar seguro, bloquear los accesos a la labor con cinta prohibitiva, comunicar de forma inmediata a la supervisión, coordinar con el área de geomecánica para determinar el momento de la inspección
11:17:00	Tauro	Estrella	RA 7040	1467	leve	X			evento sin proyección en la corona izquierda de labor	Monitorear la magnitud y frecuencia del evento, realizar el desatado de rocas según la persistencia del evento, colocar guarda cabeza para continuar con la tarea, registrar en el cuaderno de eventos y comunica a la supervisión.



Anexo III

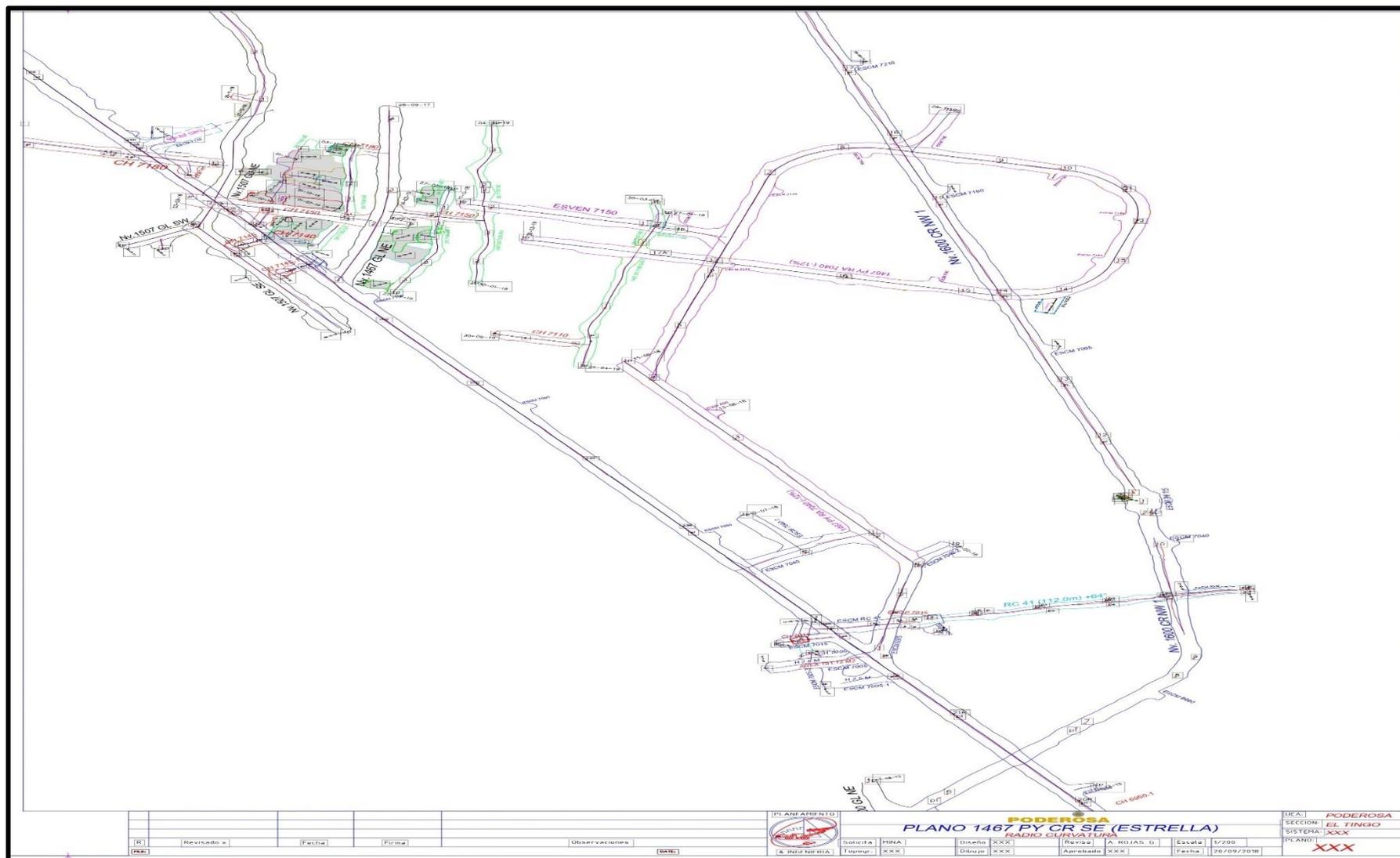


Figura 45 — Ubicación de la zona de estudio en la rampa 7040 nivel 1467

Anexo IV Figura



Figura 46 — Charla de seguridad, sobre procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS) de estallido de rocas En el salón de capacitación en interior mina Estrella NV 1467 antes de iniciar la jornada laboral.



Figura 47 — Plano geomecánico NV 1467 RP 7040, zona del evento de relajamiento de rocas



Figura 48 — después del evento de relajamiento de rocas por el hastial RP 7040



Figura 49 — Realizando perforación, para colocación escudo en el frente de la labor RP 7040



Figura 50 — En la bocamina Estrella, antes de ingresar al Rampa 7040 nivel 1467