



UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
GEOLOGÍA Y METALURGIA



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

TESIS

**PROFUNDIZACIÓN DE LA RAMPA PATRICK PARA EL
INCREMENTO DE RESERVAS EN LA UNIDAD MINERA
AURÍFERA RETAMAS S.A. - 2022**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

BACH.: TAMARA OBREGÓN EDWIN RICHARD

ASESOR:

Dr. QUIÑONES POMA JUAN ROGER

HUARAZ – PERÚ

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGIA**



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En la ciudad de Huaraz, siendo las trece horas con cinco minutos de la tarde (13:05 p.m.) del día ocho de Agosto del Dos mil Veintitres (08/08/23), se reunieron los miembros del jurado Evaluador nominados según Resolución Nro. 160-2023-FIMGM/D, de fecha 08 de Agosto del 2023, integrado por los siguientes Docentes: **Dr. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES, como Presidente; M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA, como Secretario y el M.Sc. Ing. JUAN PELE VILLARREAL SALOME, como Vocal;** para la sustentación de la tesis Titulado: **"PROFUNDIZACION DE LA RAMPA PATRICK PARA EL INCREMENTO DE RESERVAS EN LA UNIDAD MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. - 2022"**, presentado por el Bachiller **EDWIN RICHARD TAMARA OBREGON**, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", se procedió con el acto de sustentación bajo las siguientes consideraciones, el Presidente del Jurado calificador, invitó a los docentes, alumnos y público en general a participar en este acto; luego invitó al Secretario del Jurado calificador a dar lectura de la Resolución N°160-2023-FIMGM/D de fecha 08 de Agosto del 2023. Acto seguido se invitó al sustentante a la defensa de su tesis por un lapso de veinte minutos (20), concluida con la misma, se procedió con el rol de preguntas de parte de los miembros del Jurado Calificador, finalmente se invitó al público en general a hacer abandono del Auditorium de la FIMGM por un lapso de diez (10) minutos con el propósito de deliberar la nota del sustentante, **ACORDANDO: APROBAR CON EL CALIFICATIVO (*)de: DIECISIETE (17). Aprobado con Distinción.** Siendo las catorce horas y cinco minutos (14:05 p.m.) del mismo día, se dio por concluida el acto de sustentación.

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



Dr. JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES
Presidente



M.Sc. Ing. WALTER NICOLAW ROMERO VEGA
Secretario



M.Sc. Ing. JUAN PELE VILLARREAL SALOME
Vocal



Dr. JUAN ROGER QUÍÑONES POMA
Asesor

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,
GEOLOGÍA Y METALURGÍA**



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"PROFUNDIZACION DE LA RAMPA PATRICK PARA EL INCREMENTO DE RESERVAS EN LA UNIDAD MINERA AURIFERA RETAMAS S.A. - 2022"**, presentado por el Bachiller **EDWIN RICHARD TAMARA OBREGON**, y sustentada el día 08 de Agosto del 2023, por Resolución Decanatural N° 160-2023-FIMGM/D, la declaramos **CONFORME**.

En consecuencia queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, 08 de Agosto del 2023



Dr. **JAVIER ENRIQUE SOTELO MONTES**
Presidente



M.Sc. Ing. **WALTER NICOLAW ROMERO VEGA**
Secretario



M.Sc. Ing. **JUAN PELE VILLARREAL SALOME**
Vocal



Dr. **JUAN ROGER QUÍÑONES POMA**
Asesor

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM
ANEXO 1
INFORME DE SIMILITUD.

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

Presentado por: _____

con DNI N°: _____

para optar el Título Profesional de: _____

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11 ° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : de similitud.

Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).

| Porcentaje | | Evaluación y acciones | Seleccione donde corresponda <input checked="" type="radio"/> |
|-------------------------|-------------------|---|--|
| Trabajos de estudiantes | Tesis de pregrado | | |
| Del 1 al 30% | Del 1 al 25% | Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso. | |
| Del 31 al 50% | Del 26 al 50% | Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo. | |
| Mayores a 51% | Mayores a 51% | El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado. | |

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz,



FIRMA

Apellidos y Nombres: _____

DNI N°: _____

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis de TAMARA OBREGÓN EDWIN RIC
HARD.docx**

RECUENTO DE PALABRAS

16120 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

102 Pages

FECHA DE ENTREGA

Jun 16, 2023 3:54 AM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

87129 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.1MB

FECHA DEL INFORME

Jun 16, 2023 3:56 AM GMT-5**● 22% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

La presente tesis dedico a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en el proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis abuelos Nicolas y Graciana que cada día fueron mi inspiración, y así lograr la meta anhelada que desde el cielo ahora me guían e iluminan.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional, amor, sacrificio durante estos años, en la búsqueda de ser mejor persona y profesional.

A mis hermanos que fueron el soporte emocional, asimismo por brindarme su apoyo moral en los momentos difíciles en el transcurso de toda esta travesía.

A mi novia por la ayuda y aporte en mi desarrollo personal, profesional de igual manera ser mi inspiración, motivación para poder seguir adelante así no caer en las adversidades de esta hermosa etapa.

Finalmente, a mis familiares, por apoyarme cuando más lo necesitaba, extender su mano en los momentos difíciles y el cariño brindado cada día. A todos ellos les agradezco desde el fondo de mi alma y corazón.

Edwin Richard

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por haberme permitido llegar a ser lo que hoy soy.

A mi alma mater la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, Escuela de formación profesional de Ingeniería de Minas, en especial a los señores docentes por formarme como ingeniero de Minas.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo general desarrollar la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022. La metodología empleada se basó en el método científico, el tipo de investigación es aplicada con un nivel descriptivo, de los resultados se tuvo que la litología de diferentes tipos de rocas, como diorita, granito, granodiorita, microdiorita y tonalita, junto con el rango de valores del índice RMR (Rock Mass Rating) asociados a cada una. Además, se indica la calidad de la masa rocosa correspondiente a cada tipo de roca, clasificada en las categorías IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA, y el sostenimiento aplicado es de acuerdo a las evaluaciones geomecánicas del terreno, dependiendo al comportamiento del macizo en niveles inferiores se aplicará sostenimiento distinto de acuerdo a la evaluación. La conclusión más resaltante fue que la Rampa Patrick, ha generado una redistribución de esfuerzos en el macizo rocoso, y se ha evaluado su comportamiento de acuerdo a los parámetros de diseño establecidos en MARSAS. La recopilación continua de datos en los mapeos geomecánicos - estructurales realizados por el Departamento Geomecánica de MARSAS ha permitido una mejor estimación de los parámetros geomecánicos. En cuanto al mapeo estructural, se han identificado cuatro sistemas principales de discontinuidades, siendo el más predominante aquel con una dirección de buzamiento promedio de 257 y un buzamiento de 57° hacia el suroeste. Además, se ha observado un sistema de fallamientos predominante paralelo a la orientación y buzamiento de la mineralización, así como otro sistema paralelo, pero con dirección de buzamiento opuesta, lo que tiene un efecto desfavorable en la formación de bloques tipo cuña en la corona de la mina.

Palabras claves: Profundización, Rampa Patrick, incremento de reservas, unidad minera Aurífera Retamas S.A., 2022.

ABSTRACT

The present research aims to develop the deepening of Rampa Patrick in order to increase reserves in the mining unit Aurífera Retamas S.A. - 2022. The methodology employed was based on the scientific method, with an applied research type and a descriptive level. The results showed the lithology of different types of rocks, such as diorite, granite, granodiorite, microdiorite, and tonalite, along with the range of values of the Rock Mass Rating (RMR) index associated with each one. Additionally, the quality of the rock mass corresponding to each rock type was indicated, classified into the categories IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB, and VA. The applied support is based on geomechanical evaluations of the terrain, and depending on the behavior of the mass in lower levels, different support methods will be applied according to the evaluation.

The most remarkable conclusion was that Rampa Patrick has generated a redistribution of stresses in the rock mass, and its behavior has been evaluated according to the design parameters established in MARSA. The continuous collection of data in the geomechanical-structural mappings carried out by the Geomechanics Department of MARSA has allowed for a better estimation of the geomechanical parameters. Regarding the structural mapping, four main systems of discontinuities have been identified, with the most predominant one having an average dip direction of 257 and a dip of 57° to the southwest. Additionally, a predominant fault system parallel to the orientation and dip of the mineralization has been observed, as well as another parallel system with an opposite dip direction, which has an unfavorable effect on the formation of wedge-shaped blocks in the mine's crown.

Keywords: Deepening, Rampa Patrick, reserve increase, mining unit Aurífera Retamas S.A., 2022.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| RESUMEN | iv |
| INTRODUCCIÓN..... | xiii |
| CAPITULO I..... | 1 |
| GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1. Entorno Físico..... | 1 |
| 1.1.1. Ubicación y acceso | 1 |
| 1.1.2. Clima y vegetación | 3 |
| 1.1.3. Topografía..... | 3 |
| 1.1.4. Fisiografía | 3 |
| 1.1.5. Recursos naturales y fauna..... | 3 |
| 1.2. Entorno Geológico..... | 4 |
| 1.2.1. Geología regional..... | 4 |
| 1.2.2. Geología local | 5 |
| 1.2.3. Geología estructural | 8 |
| 1.2.4. Geología económica..... | 10 |
| CAPITULO II..... | 13 |
| FUNDAMENTACIÓN | 13 |
| 2.1. Marco Teórico | 13 |
| 2.1.1. Antecedentes de la investigación | 13 |
| 2.1.2. Definición de Términos | 20 |
| 2.1.3. Fundamentación teórica | 23 |
| 2.1.3.1. Labores de profundización..... | 23 |
| 2.1.3.2. Descripción de las rampas..... | 24 |

| | |
|---|----|
| 2.1.3.3. Diseño de una rampa..... | 24 |
| 2.1.3.4. Características de las rampas | 28 |
| 2.1.3.5. Tipos de rampas | 30 |
| 2.1.3.6. Campos de aplicación | 33 |
| 2.1.3.7. Ventajas y desventajas de las rampas | 34 |
| CAPITULO III | 35 |
| METODOLOGÍA..... | 35 |
| 3.1. El Problema | 35 |
| 3.1.1. Descripción de la realidad problemática | 36 |
| 3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema | 37 |
| 3.1.2.1. Formulación del problema General..... | 37 |
| 3.1.2.2. Formulación de problemas específicos | 37 |
| 3.1.3. Objetivos de la investigación | 38 |
| 3.1.3.1. Objetivo General..... | 38 |
| 3.1.3.2. Objetivos Específicos | 38 |
| 3.1.4. Justificación e importancia..... | 38 |
| 3.1.5. Alcances | 39 |
| 3.1.6. Delimitación de la Investigación..... | 39 |
| 3.1.7. Limitación de la Investigación | 39 |
| 3.2. Hipótesis | 39 |
| 3.3. Variables | 40 |
| 3.3.1. Operacionalización de variables | 40 |
| 3.4. Diseño de la investigación | 41 |
| 3.4.1. Tipo de investigación..... | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.2. Nivel de la investigación..... | 42 |
| 3.4.3. Método | 42 |
| 3.4.4. Diseño de investigación | 42 |
| 3.4.5. Población y muestra | 43 |
| 3.4.6. Métodos, materiales y técnicas e instrumentos para la recolección, procesamiento y análisis de datos | 43 |
| CAPITULO IV | 45 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 45 |
| 4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos | 45 |
| 4.2. Condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick..... | 45 |
| 4.2.1. Clasificación Geomecánica de la masa rocosa | 46 |
| 4.2.2. Marco geológico | 47 |
| 4.2.3. Caracterización de la masa rocosa | 51 |
| 4.2.4. Clasificación geomecánica de la masa rocosa | 56 |
| 4.2.5. Resistencia de la roca..... | 57 |
| 4.2.6. Condiciones de agua subterránea..... | 59 |
| 4.2.7. Esfuerzos in-situ..... | 60 |
| 4.2.8. Análisis de estabilidad | 61 |
| 4.3. Proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción..... | 63 |
| 4.3.1. Estandarización de la construcción de la rampa | 63 |
| 4.4. Diseño de la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick..... | 70 |
| 4.4.1. Control de voladura semanal | 70 |

| | |
|--|----|
| 4.5. Discusión de resultados | 75 |
| 4.6. Aportes del tesista..... | 76 |
| CONCLUSIONES..... | 77 |
| RECOMENDACIONES | 80 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 81 |
| ANEXOS..... | 84 |
| ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIAS | 85 |
| ANEXO 2. PLANO GEOLÓGICO REGIONAL..... | 87 |
| ANEXO 3. PLANO GEOLÓGICO LOCAL | 88 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación Geográfica de la mina MARSA..... | 2 |
| Figura 2. Columna estratigráfica regional. | 6 |
| Figura 3. Radios de Giro de rampa..... | 26 |
| Figura 4. Rampa en Espiral | 32 |
| Figura 5. Rampa en ZigZag | 33 |
| Figura 6. Plano Geológico Regional. | 47 |
| Figura 7. Plano Geológico Local..... | 49 |
| Figura 8. Representación de los planos principales del compósito de Estructuras menores. | 54 |
| Figura 9. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de Fallas (2% del área de la superficie del hemisferio)..... | 54 |
| Figura 10. Representación de los planos principales del compósito de Fallas..... | 55 |
| Figura 11. Diagramas de Rosetas del compósito de Fallas. | 55 |
| Figura 12. Propiedades de la Resistencia de la masa rocosa. | 59 |
| Figura 13. Presencia de Agua en Labores, MARSA..... | 59 |
| Figura 14. Dirección de Esfuerzos insitu en MARSA y configuración para sección de análisis geomecánico. | 61 |
| Figura 15. Formación de cuñas, cuando el avance de la excavación este orientado paralelo a la mineralización: Galerías, subniveles, by pass..... | 63 |
| Figura 16. Rampa de sección 4.0m x 4.5m. | 68 |
| Figura 17. Rampa de sección 4.5m x 4.5m. | 68 |

| | |
|---|----|
| Figura 18. Vista en Planta de la Rampa. | 69 |
| Figura 19. Controles - Malla de perforación día 11/10/2022 Turno Día..... | 72 |
| Figura 20. Controles - Malla de perforación día 12/10/2022 Turno noche..... | 73 |
| Figura 21. Ubicación de las pozas de bombeo. | 73 |
| Figura 22. Perforación en el frente de la rampa Patrick. | 74 |
| Figura 23. Sección de la Rampa Patrick..... | 74 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Secciones promedio de las Rampas..... | 25 |
| Tabla 2. Operacionalización de variables..... | 41 |
| Tabla 3. Sistema de Discontinuidades Estructuras menores (sistema de diaclasas). Dirección de Buzamiento / Buzamiento..... | 53 |
| Tabla 4. Sistema de Discontinuidades Estructuras Mayores Compósito de Fallas. | 53 |
| Tabla 5. Rangos de Clasificación RMR y colores establecidos en MARSAS. | 57 |
| Tabla 6. Propiedades de la Resistencia de la masa rocosa. | 58 |
| Tabla 7. Cuadro de control de sobrerotura. | 70 |
| Tabla 8. Consumo de explosivo. | 71 |
| Tabla 9. Indicadores. | 71 |
| Tabla 10. Controles - Malla de perforación día 11/10/2022 Turno Día..... | 72 |
| Tabla 11. Controles - Malla de perforación día 11/10/2021 Turno noche. | 72 |

INTRODUCCIÓN

El título de esta investigación es "Profundización de la Rampa Patrick para incrementar las reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. - 2022". Su finalidad es realizar un estudio de diseño para profundizar la Rampa Patrick con el fin de aumentar las reservas minerales disponibles para su extracción, lo que permitirá extender la duración de la mina. Debido a que la mina ha agotado los niveles superiores y las leyes de mineral están disminuyendo en calidad, pero se incrementan en volumen, es necesario construir la Rampa Patrick para acceder a las reservas minables y así optimizar los costos de producción de las diferentes estructuras mineralizadas.

La tesis analiza e interpreta las variables de diseño operacional de la construcción de la rampa, como aspectos geológicos, geomecánicos, de perforación y voladura, de ventilación, de sostenimiento, de desagüe de aguas y lodos, y de fortificación. El objetivo es ampliar la vida útil de la mina mediante la explotación de nuevos tajos y áreas de extracción. La tesis se divide en 4 capítulos:

CAPÍTULO I: GENERALIDADES, sirve para tener una idea global de la unidad minera Aurífera Retamas en la que se describe algunas características relacionadas con su entorno físico y el entorno geológico.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN, Se realiza el estudio a mayor profundidad y centrado sobre el tema de estudio con el marco teórico, con los antecedentes de la investigación, la definición de términos y las bases teóricas.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, se plantea la pregunta de investigación, así como los objetivos, la justificación e importancia, la redacción de la hipótesis, las variables, metodología incluyendo a la población y muestra del estudio.

CAPÍTULO I: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, se presentan los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se exponen las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Entorno Físico

1.1.1. Ubicación y acceso

La unidad minera aurífera Retamas S.A. (MARSA), políticamente está ubicada en el anexo de Llacuabamba distrito de Parcoy provincia de Pataz departamento de la Libertad; geográficamente emplazada en las inmediaciones del cerro “El Gigante”, en las vertientes del flanco oriental de la cuenca hidrográfica del Maraón, en el sector Norte de la Cordillera Oriental. Las altitudes oscilan entre 3, 170 m.s.n.m. a 3,900 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son:

- Latitud sur: 08 02’
- Longitud Oeste: 77 20’. (Cáceres, 2019, p. 20).

Acceso:

Se puede llegar al área de operaciones por vía terrestre y vía aérea: Por Vía Terrestre:

- Lima – Trujillo: 562 Km., carretera asfaltada
- Trujillo – Huamachuco: 185 km., carretera asfaltada
- Huamachuco – Chagual: 162 km., trochas carro sables
- Chagual – Retamas: 58 km., trocha carro sables

- Retamas – Mina: 58 km., trocha carro cables

Llegando a un total de 1025 km. De distancia de la ciudad de Lima a la Unidad de Producción San Andrés de minera aurífera RETAMAS S.A.C.

Por vía Aérea (Avioneta):

Por vía aérea desde Lima o Trujillo a un pequeño aeródromo ubicado en Chagual junto al río Marañón como se indica a continuación:

- Lima – Chagual: Aproximadamente 1hr. 30’.
- Trujillo – Chagual: Aproximadamente 30’.

Figura 1. Ubicación Geográfica de la mina MARSA.



Fuente: Juan Cáceres Navarro, 2019.

1.1.2. Clima y vegetación

El clima en la región es el característico del tipo puna en los meses Noviembre- Abril con lluvias y nevadas constantes, cambiando de Mayo- Octubre con heladas y frío durante las noches y en el día el sol, donde la temperatura oscila de 5° -20° centígrados en el día y en las noches de 3 - 10° centígrados, estas dos estaciones son bien marcadas en la zona la mina se encuentra a una cota de 3,900 m.s.n.m. con una vegetación típico de la zona que es el ichu y el Queñual y otros arbustos pequeños, los habitantes del lugar son eminentemente dedicada a la minería aurífera. (Galan, 2019, p. 15).

1.1.3. Topografía

La topografía de la zona es bien accidentada que presenta fuertes pendientes de 50° – 60° aproximadamente donde el terreno ha sufrido agentes modeladores, también al mismo tiempo el drenaje está controlada principalmente por la litología y la tectónica. (Galan, 2019, p. 15).

1.1.4. Fisiografía

El tectonismo y la erosión fluvial han formado profundos valles que alternan con picos elevados originando desniveles en la altitud varían entre los 1800-4200 msnm. (Galan, 2019, p. 15).

1.1.5. Recursos naturales y fauna

La vegetación está íntimamente ligada a la altitud como a la ubicación geográfica del área de estudio. Las especies presentes en el entorno son Ichu, Pastizales, árboles como el Eucalipto, retama y quisuar.

En cuanto a la preservación de la fauna se ha creado programas de cuidado y protección de muchas especies como por ejemplo la creación de piscigranja para el cultivo y mejoramiento de la trucha. Así mismo se ha capacitado a los pobladores para la crianza de ganado vacuno, animales auquénidos apreciados por su lana. Actualmente se viene dando capacitación a la población con respecto a la crianza de Cuy, apreciados por su carne baja en colesterol, así como otras variadas especies. (Galan, 2019, p. 15).

1.2. Entorno Geológico

1.2.1. Geología regional

En el territorio del distrito minero de Parcoy, en el Batolito de Pataz, se encuentra el depósito mineral conocido como «El Gigante», donde MARSA desarrolla sus operaciones. Está emplazado en rocas intrusivas granitoides de la edad Paleozoica. Constituido por filones de cuarzo con concentraciones de sulfuros, la concentración de mineral se presenta en forma de un cuerpo mineralizado (ore shoot) controlado por estructuras del tipo lazo cimoides.

En las exploraciones y desarrollo, la política de MARSA es mantener el nivel de reservas, para lograr este objetivo se desarrolla un agresivo programa mensual de avances lineales de alrededor de 2 mil metros. Las exploraciones son vitales para encontrar y renovar las reservas.

Este agresivo programa de exploraciones con labores mineras se viene ejecutando desde la cota 3220 hacia cotas más profundas, actualmente ya estamos explorando en la cota 2570. Este programa junto a los programas de

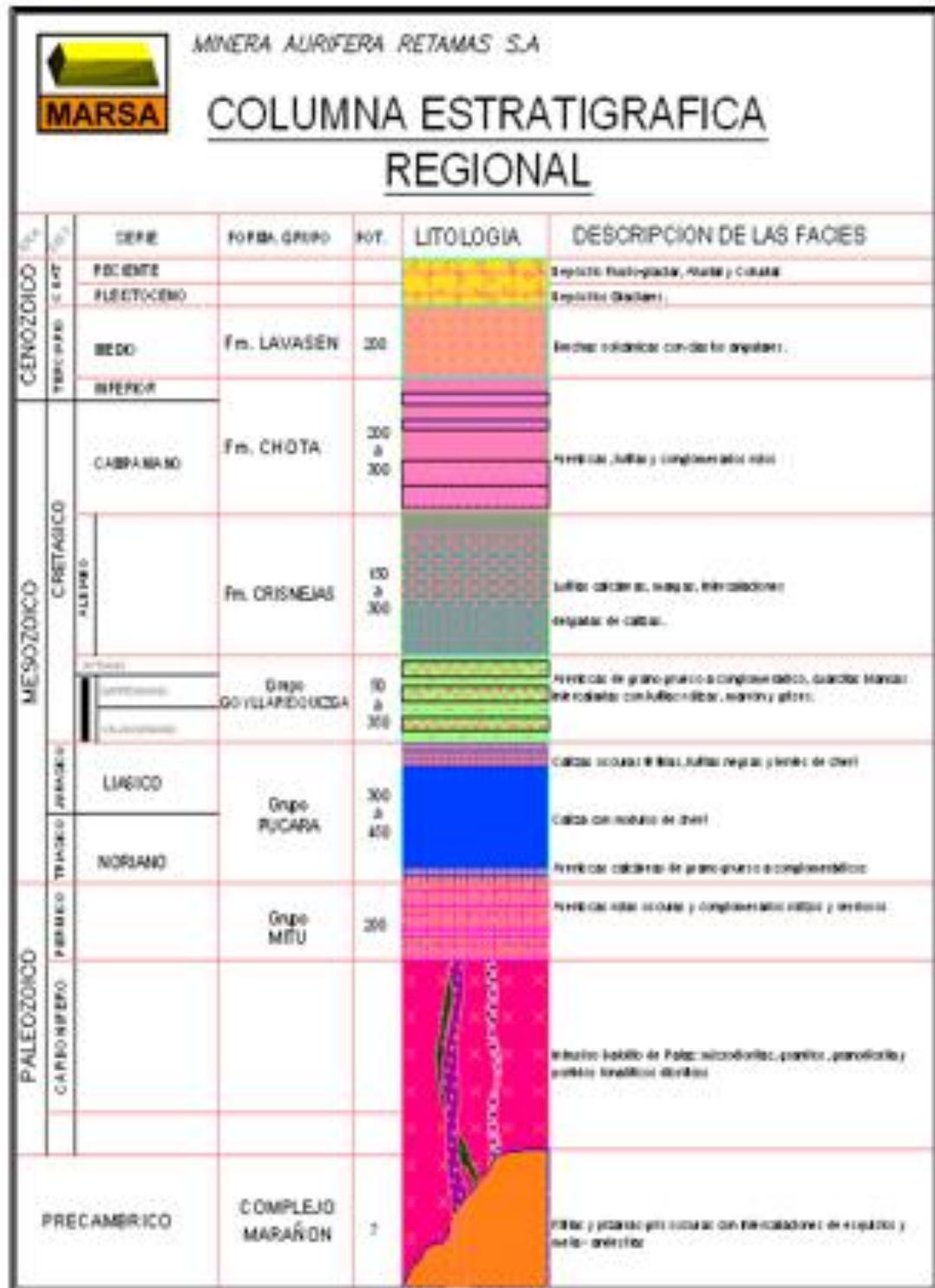
perforación diamantina de largo alcance, permiten incrementar nuevas áreas de exploración y una reevaluación de las áreas más antiguas.

En años anteriores las reservas y la producción provenían del sistema Esperanza que es una estructura con rumbo NNW – SSE y buzamiento NE, pero adicionalmente se tienen identificadas 14 estructuras al piso de Esperanza con el mismo rumbo y buzamiento. Con la profundización realizada en los últimos años se han interceptado las vetas Cabana 2, Cabana 3 y Daniela con valores de oro superiores al promedio de ley de las reservas actuales y que pertenecen a este sistema de estructuras paralelas. Adicionalmente también se ha interceptado la veta Valeria que es una estructura tensional con valores de oro superiores. Los resultados que se vienen obteniendo son muy alentadores y esto ha permitido que manteniendo el programa de exploraciones las reservas se incrementen sustancialmente. Actualmente nuestras reservas alcanzan para una producción de 10 años. Con respecto al potencial de reservas las expectativas de mineralización económica son muy altas. (Ver anexo 2 y figura 2). (Cáceres, 2019, p. 22).

1.2.2. Geología local

La zona se halla mayormente cubierta por depósitos Cuaternarios; las rocas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas. En la Mina El Gigante, debajo de la cubierta Cuaternaria se extiende el Intrusivo de Pataz, de naturaleza félsica a metafélsica; en este se hospedan las vetas auríferas. Al NE, cerca del campamento San Andrés, floran rocas metamórficas del Complejo del Marañón, y al SW del Tambo, ocurren arenisca limonitas – volcánicas (capas rojas), pertenecientes al grupo Mitú.

Figura 2. Columna estratigráfica regional.



Fuente: Administración mina, citado por Leonardo Joel Galan Garcia, 2021.

- **Rocas intrusivas:** El intrusito está constituido por 2 facies plutónicas: 1ra facie, microdiorita – diorita; 2da facie, granodiorita-granito. La primera facie son las rocas más favorables para la depositación de las soluciones mineralizantes; en ellas se emplazan el mayor número y las principales estructuras mineralizadas, las que actualmente se hallan en exploración y explotación; la segunda facie, son poco favorables para la formación de estructuras mineralizadas, encontrándose vetas delgadas, ramaleadas (stockwork) y discontinuas. El intrusito de Pataz se extiende como una franja longitudinal de rumbo N 60°W y ancho promedio de 2.5 Km. El contacto NE con el Complejo del Marañón se caracteriza por una franja de enclaves de ancho variable, constituidos por fragmentos alargado de filitas- pizarras, metavolcánicos y microdiorita; mientras que el contacto SW está marcado por la falla Huinchus.
- **Rocas metamórficas:** Representada por el Complejo del Marañón. Constituida por pizarras oscuras y filitas grisáceos, intercaladas con pequeñas capas de esquistos cloritizadas y metavolcánicos; se hallan expuestas en lado NE del Batolito de Pataz”, en las quebradas Ventanas, Mushmush, Molinetes, Los Loros y San Vicente; encontrándose plegadas, falladas y/o perturbadas por varios eventos de natamorfismo dinámico e ígneo; asociados a este callamiento aparecen ciertas estructuras auríferas de características similares y/o diferentes a las estructuras emplazadas en el intrusito. A las rocas del complejo del Marañón se le asigna una edad Precambriana.

- **Rocas sedimentarias:** Conformada por la secuencia sedimentaria del Paleozoico y mezoico que aflora al SW del “Batolito de Pataz”, desde Alaska por el Sur hasta Cachica por el Norte (correspondiente a nuestra zona de interés). Esta secuencia está constituida por la unidad volcano sedimentaria (areniscas, limonitas, micro conglomerados a conglomerados, tobas riolíticas y brechas – aglomerados de riolitas dacitas), pertenecientes al grupo Mitú (Permico) y calizas del grupo Pucará (Triásico – Jurásico).
- **Depósitos cuaternarios:** Los depósitos Cenozoicos, constituidos por suelos residuales, coluviales, fluvio-glaciares y aluviales, se extienden cubriendo gran parte del área con espesores que varían de 1 a 50 mts., formando un relieve abrupto con vegetación de Puna. (Berroa, 2016, pp. 32-33).

1.2.3. Geología estructural

Se considera una asociación típica mesotermal con temperatura en el rango de 250 – 350 centígrados se presenta una serie de vetas auríferas a partir de una intrusión calco – alcalinas de batolito de Pataz con una removilización en las rocas encajonantez. Pero cabe mencionar que los yacimientos de Pataz se deben a procesos hidrotermales postmagmáticos o sea cuando el proceso de recristalización ha concluido con lo fundamental.

Los yacimientos minerales magmátogenos según las condiciones de su formación están relacionados con los procesos geoquímicas de las partes profundas de la corteza terrestre. El sistema hidrotermal ha estado activo por

mucho tiempo en varias etapas de reactivación tectónica y depósitos de cuarzo y sulfuros.

Plegamiento: Son de extensión regional, con eje orientado de SE a NW presentándose en rocas sedimentarias y metamórficas. La dirección probable de estos esfuerzos es de NE a SW.

Fracturamiento: La zona se halla fuertemente fracturada debido al tectonismo, estas fracturas siguen un patrón estructural derivado de la dirección de los esfuerzos, se presentan formando sistemas de fracturamiento local.

Fallamiento: Para la zona se ha determinado tres sistemas de fracturamiento:

- a. Sistema de fallamiento NW-SE (longitudinal); son falla postminerales de rumbo paralelo- subparalelo a la veta originando ensanchamiento, acuñamiento, etc. Son de carácter normal- sinextral e inversa.
- b. Sistema de fallamiento NE-SW a NS (diagonal); de rumbo N a NW y buzamiento alto al W, se presentan agrupadas (fallas gravitacionales). Las vetas muchas veces se hallan afectadas por este tipo de fallamiento ya sea normal como inverso, etc.
- c. Sistema de fallamiento principal E-W o fallas mayores (transversal); de rumbo promedio E-W. Dentro de este grupo se le agrupa a la falla:
 - Falla Uno, E-1, Falla Pumas, etc., son estructuras que se desplazan alrededor de 100 m. en la vertical y 250m en la horizontal. (Berroa, 2016, pp. 34-35).

1.2.4. Geología económica

Origen y tipo de yacimiento: En las vetas del yacimiento se observan cuarzo con oro acompañado de otros sulfuros, el oro se encuentra según su paragénesis con pirita, arsenopirita, galena y esfalerita la pirita es el mineral que sigue en abundancia, presentándose también vetas fracturadas, la galena es típica de la asociación donde se les observa en la zona de oxidación de los filones formando a veces agregados de grano fino y en otras en forma masiva como los llamados pacos, la esfalerita no es muy frecuente pero también se presenta en la zona de sulfuros acompañando siempre a la galena y pirita. Las vetas son variables en sus potencias desde centímetros hasta metros donde también presenta encaballamientos y reactivaciones, las vetas son de cajas bien frágiles y deleznales e inestables que además presentan cajas falsas con presencias espejos de falla en el techo en todas las vetas de la zona se observan grandes franjas de cuarzo blanco, conocido como cuarzo lechoso con una patina de óxido de hierro y acompañado de sulfuros generalmente limitado por falla longitudinal o de reactivación. Su emplazamiento principal se dio en rocas micro dioritas y tonalitas, el responsable de la mineralización es el intrusivo de Pataz, cuyas soluciones mineralizantes circularon a través de las fracturas preexistentes.

Las vetas auríferas son en general filonianas- cizalla, formado por rellenos de fracturas con temperaturas de formación de fases mesotermal a epitermal. Las estructuras mineralizadas presentan lazos simoides y curvas simoidales. El mineral de mena principal es la pirita aurífera (pirita de grano fino microfacturada); en menor proporción lo son también la arsenopirita galena

marmatita; es posible también encontrar oro libre en el cuarzo sacaraoide. El principal mineral de ganga es el cuarzo lechoso junto con una cantidad minúscula de calcita y caolín. Las rocas de caja de los filones de cuarzo adyacentes a las zonas donde se presentan las concentraciones económicas de material aurífero por alteración hidrotermal están silicificadas sericitizadas y cloritizadas. Estas alteraciones están ausentes donde la veta carece de relleno mineralizado. (Galan, 2019, p. 23).

Mineralogía: Dentro de las vetas de Cuarzo aurífero, la pirita es el sulfuro más abundante, la arsenopirita es el mineral que le sigue en abundancia, la Galena, que es típica en esta asociación mineral se observa en zonas de oxidación de los filones, formando agregados de grano fino y otros en forma masiva; la esfalerita no es muy frecuente, se presenta en la zona de sulfuros, acompañando a la galena y pirita. El oro y electrum se hallan al borde o dentro de las microfracturas de la pirita.

Minerales de mena:

- Galena Argentífera-Sulfuro de plomo plata. (AgPbS).
- Esfalerita-Sulfuro de Zinc. (ZnS).
- Calcopirita aurífera. (AuCuFeS).
- Pirita Aurífera. (Au FeS).

Minerales de ganga:

- Calcita-Carbonato de calcio. (CaCO₃)

- Pirita-Sulfuro de hierro. (FeS₂)
- Arsenopirita (FeAsS)
- Sericita (KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂)
- Limonita (FeO (OH)·nH₂O). (Galan, 2019, p. 24).

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Según Carreño (2021) en la tesis titulada “Diseño y planificación de una rampa de comunicación entre el nivel 2446 y el nivel 2387 en veta encuentro. Mina Farallón Negro”, sustentada el año 2021, por Carlos Carreño, en la Universidad Nacional de Catamarca. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Departamento de Minas. Argentina. El informe demuestra técnica y económicamente el costo de inversión del proyecto de profundización desde el nivel 2446 hasta el nivel 2387 mediante la construcción de una rampa. Para lograr el acceso a las reservas económicamente explotables existentes en la veta encuentro en la mina Farallón Negro, se plantea profundizar mediante el desarrollo de una rampa, con pendiente negativa 12%, la cual además puede servir para programas exploración y como medio de transporte para la extracción del mineral, partirá desde la galería de transporte en la cota 2446, aprovechando la infraestructura ya existente de la mina. De esta manera se mejorarán los indicadores de producción y de productividad. La longitud total de rampa es de 543 metros con una sección de 4m x 4m y una gradiente negativa 12%, cuyo desarrollo es entre el nivel 2446 y 2387. La perforación de la rampa se realizará mediante un equipo jumbo para la perforación logrando un avance de 3 m, se planifica realizar 2 perforaciones por día

durante el primer año, luego para el siguiente año se tiene programado agregar un segundo equipo de perforación. El diseño de la construcción del proyecto en estudio, se empleará el software minero llamado Minesight 3D, del cual solo se usará el módulo de modelamiento, que nos permitirá visualizar con mayor detalle los parámetros geométricos empleados en el proyecto. Para la estimación de cuanto nos costara desarrollar la rampa se va a utilizar una hoja de cálculo Excel. (Carreño, 2021, p. 3).

Antecedentes nacionales

Según Gomez (2021) en la tesis titulada “Diseño y construcción de la rampa Yumpag para la optimización de las operaciones mineras, compañía de minas Buenaventura, Región De Pasco”, sustentada el año 2021, por Saul Alvaro Gomez Mendoza en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Recuperado de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5652/253T20210042_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Cusco, Perú.. La tesis está enfocado en realizar un estudio técnico-económico de factibilidad para la ejecución de una Rampa en el proyecto Yumpag que permita continuar con las exploraciones del Cuerpo Tomasa y extracción mecanizada de los minerales del cuerpo Camila, cabe mencionar que en el proyecto Yumpag existe una Rampa de sección 3.0m x 3.0m metros de una longitud de 100 metros aproximadamente que se realizó para trabajos exploratorios. Por lo que una vez determinadas las dimensiones y leyes del cuerpo Camila, fue necesario ampliar las secciones de la rampa de 3.0m x3.0m a una Rampa de secciones de 4.5m x

4.5m la cual es denominada Rampa Yumpag con una longitud de 2350 metros y pendiente de 12%. La Rampa Yumpag de sección 4.5 m x 4.5 m es excavada mediante el método de sección completa con equipo de perforación Boomer M de 2 brazos y barra de perforación de 16 pies, la malla de perforación se diseñó mediante el método matemático de Holmberg, se realizó un estudio tensional del macizo rocoso y un análisis de cuñas para determinar el sostenimiento adecuado para la Rampa Yumpag concluyendo en un sostenimiento con Shotcrete de 2” con fibra metálica y Pernos Helicoidales de 8 pies espaciados a 1.5 m, realizamos la simulación de circuito de ventilación según el requerimiento de aire en la Rampa Yumpag. La factibilidad del proyecto fue determinada mediante un análisis de Beneficio/Costo entre el cuerpo Camila y los costos de ejecución de la Rampa Yumpag en las que se incluyeron costos de Perforación, Voladura, Limpieza, Ventilación, Sostenimiento, Bombeo, Energía eléctrica, Energía Neumática (Compresor), determinándose la factibilidad del proyecto. (Gomez, 2021, p XIV).

Según Lazo (2020) en la tesis titulada “Diseño conceptual de la rampa basculante 2518 para la extracción de la veta victoria tensional del tajo 2453, NV. 2300 de la unidad minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S. A.”, sustentada el año 2020, por Bryan Joao Lazo Leandro en la Universidad Continental]. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huancayo, Perú. La tesis tiene por objetivo el análisis económico del diseño conceptual de la rampa basculante para la explotación de la veta Victoria Tensional, nivel 2300 en la unidad minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S. A. Para el desarrollo del presente trabajo de

investigación se aplicó el método analítico, siendo el estudio de carácter descriptivo - explicativo. El estudio fue preexperimental, de manera que se observó y analizó los resultados del diseño conceptual de la rampa basculante para la explotación de la veta Victoria Tensional, nivel 2300. El medio para la recolección de datos fue la revisión documentaria y la recopilación de datos correspondientes en la unidad minera Parcoy. Para finalizar, se realizó el análisis e interpretación de las variables técnicas y económicas del diseño conceptual de la rampa basculante para la explotación de la veta Victoria Tensional y su implicancia en la rentabilidad financiera del plan de producción generado por el presente estudio. Los costos de desarrollo, preparación y explotación para la explotación de la veta Victoria Tensional, considera un costo total de \$4,821,497.73 durante un periodo de 30 meses de operación. El periodo del presente estudio considera el tiempo de preparación en el desarrollo de dos tajeos en los niveles 2300 al 2400, con una altura de 100 metros y una longitud de 280 metros promedio en ambas alas de la estructura mineralizada (120 metros ala este y 160 metros ala oeste). Los ingresos de los 2 tajeos programados será en función al tonelaje programado de 2700 TMS durante los 5 primeros meses de producción, a partir del 6to mes la producción será de 5400 TMS durante 14 meses restantes, producto de los 2 tajeos en producción. La evaluación financiera se definió en función de una tasa de descuento del 12 %, un capex de \$2,848,182, y un flujo de caja de 30 meses, tiempo que dura el desarrollo, preparación y explotación de los 2 tajeos programados. Finalmente, el VAN (valor actual neto) del diseño conceptual de rampas basculantes para la explotación de la veta Victoria

Tensional, nivel 2300 es de \$761,253.56 y un TIR (tasa interna de retorno) del 14 %. Lazo, 2020, pp. XII-XIII).

Según Vela (2020) en la tesis titulada “. Proyecto de profundización de la mina Coturcan para el incremento de reservas mediante la Rampa 0388 Compañía Minera Lincuna - U.E.A. Huancapetí”, sustentada el año 2020, por Neyver Vela Portocarrero, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Geología, Geofísica y Minas Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. En la tesis se indica que la compañía minera Lincuna actualmente explota minerales polimetálicos mediante los métodos de minado de corte y relleno ascendente mecanizado, cámaras y pilares y sublevel stoping con taladros largos bajo altos estándares en seguridad y operacionales para el cumplimiento de un ritmo de producción de 3000 TMD. El presente proyecto de investigación tiene como fin el incrementar las reservas en la mina Coturcan mediante la profundización de esta, con la construcción de la rampa 0388 desde el nivel 10, con la finalidad de ampliar la vida útil de la mina y dinamizando la explotación de mineral con nuevos tajos y nuevas zonas de extracción. El desarrollo de la tesis expone el diseño de la profundización de la mina Coturcan, la ejecución de la rampa negativa 0388 y las labores conexas, teniendo en cuenta los aspectos geomecánicos y operativos para el diseño y construcción se realiza un análisis técnico y económico para determinar el costo por metro lineal más eficiente optimizar el uso del presupuesto de \$1,111,941.95 que en base a los indicadores económicos se logra determinar la rentabilidad del proyecto de profundización, con resultados de un VAN de \$2,996,213.99, un TIR del 111.00 % con un periodo de recuperación de 1.34 años. Mediante el análisis

del tipo de roca y el diseño de carga en frentes de sección 4.00 x 4.00 m. se logró determinar una malla optima de perforación aplicando el método de influencia de taladros logrando un avance de 3.14 m/disparo; así mismo se determinó el sostenimiento optimo a utilizar primando la seguridad y buscando la excelencia operacional en todos los procesos unitarios que comprende la ejecución del proyecto de profundización. (Vela, 2020, p. iii).

Según Aquino (2019) en la tesis titulada “Diseño y construcción de la Rampa 440, para explorar e incrementar las reservas minables y su posterior extracción en Cía. minera MACDESA SAC.”, sustentada el año 2019, por Sergio Grimaldi Aquino Quispe, en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Geología, Geofísica y Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. Indica en la investigación la explotación del mineral en la CIA Minera MACDESA es por el método convencional de corte y relleno ascendente y el ciclo de minado comprende: ventilado, regado, desatado, limpieza, sostenimiento, perforación y voladura. La producción es de 100 TM/día, con una ley promedio de 7g Au /TM, siendo esta una producción baja, debido a que la capacidad de la planta es de 150 TM/día. Para ser posible el acceso a las reservas minables existentes de la veta Nancy, en la mina Macdesa, se plantea profundizar mediante el desarrollo de la rampa 440, con pendiente negativa 12 %, que servirá de exploración, acceso a los recursos mineralizados y como medio de transporte para la extracción del mineral, aprovechando la infraestructura existente en la mina. De esta manera se mejorarán los indicadores de producción y de productividad, aplicando un sistema combinado entre lo convencional y limpieza mecanizado. En la presente tesis se demuestra técnica y

económicamente la viabilidad del proyecto de profundización mediante la construcción de la rampa 440 negativa y se explorará las diferentes estructuras mineralizadas en la caja piso y explotar los recursos minerales existentes debajo de la GL 610 (Nv. 1670) en la veta Nancy. El procedimiento consistió de la recolección de datos geológicos, geomecánicos para la ejecución del proyecto rampa 440, bajo la modalidad de precios unitarios, el costo por metro de lineal en roca buena tipo II 494,72 US\$/ml y en roca regular tipo IIIB 581,30 US\$/ml. La longitud total de rampa 440 es de 893.93 metros con una sección de 4m x 4m y una gradiente de -12 %, cuyo desarrollo es entre el nivel 1693 y 1593. La construcción de la rampa se realizará con 2 perforadoras neumáticas JACK LEG SECO S250 para la perforación y para la limpieza se usará el Scoop EJC 145D de 4 Yd³. Se encontró que los resultados finales al explotar en la veta Nancy, son totalmente satisfactorios, como así lo demostraron los indicadores económicos del presente proyecto de profundización: Valor neto actual VAN: US\$ 2 060 231,60, la tasa interna de retorno TIR: 166% y el Beneficio/Costo: 2,66 (Aquino, 2019, pp. iii-iv).

Antecedentes locales

Según Luciano (2019) en la tesis titulada “Diseño de la malla de perforación y voladura, aplicando el método Holmberg para optimizar costos en la construcción de la Rampa (+) 995 de la Cía.. AC. Agregados S.A.C. – 2018”, sustentado por Cristian Antonio Luciano Lazaro, en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Huaraz, Perú. La tesis tiene por objetivo realizar el diseño de la malla

de perforación y voladura, aplicando el método Holmberg, para optimizar costos en la construcción de la Rampa (+) 995, de la CIA. AC. Agregados S.A.C. – 2018. La tesis se justifica porque en la Compañía AC. Agregados S.A.C., las operaciones unitarias de perforación y voladura de rocas son actividades primarias que tiene gran importancia en el proceso de minado subterráneo. El diseño de mallas de perforación y voladura, las características físicas, químicas y mecánicas de las rocas, así como la estratigrafía y los rasgos estructurales del macizo rocoso, juegan un papel importante pues permiten conocer la energía necesaria para romper dicho macizo. Se concluyó que se realizó diseño de la malla de perforación y voladura, aplicando el método Holmberg, y se optimizó costos en la construcción de la Rampa (+) 995, de la CIA. AC. Agregados S.A.C. – 2018. (Luciano, 2019, p. iv).

2.1.2. Definición de Términos

Términos de acuerdo al Manual General de Minería y Metalurgia (2014).

- **Buzamiento.** - Ángulo de inclinación que forma un filón, estructura o capa rocosa con un plano horizontal, medido perpendicularmente a la dirección o rumbo del filón. (Lazo, 2020, p. 56).
- **Chimenea.** - Una excavación vertical o inclinada en la roca para propósitos de proporcionar acceso a un cuerpo de mineral. (Lazo, 2020, p. 56).
- **Corte y relleno.** - Un método de excavación de material y mineral en un escalón y su reemplazo con material de desecho o relaves provenientes de una concentradora. (Lazo, 2020, p. 56).

- **Costo de operación.** - Es el total que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de salarios al personal y de todos los otros gastos relacionados con el desarrollo de la operación. (Lazo, 2020, p. 56).
- **Ensanche (minería subterránea).** - Ampliación de la sección de una labor minera (galerías, tajos, subniveles u otros). (Lazo, 2020, p. 56).
- **Entibado (minería subterránea).** - Acciones y dispositivos aislados o estructuras de cualquier naturaleza que sirven para mantener abiertos los espacios de la mina con una sección suficiente para la circulación del personal, del aire y el tráfico de equipos. (Lazo, 2020, p. 56).
- **Galerías.** - Túneles horizontales al interior de una mina subterránea. (Lazo, 2020, p. 56).
- **Labor (industria minera).** - Lugar (cavidad u otro sitio) dentro de una mina subterránea (galería, clavada, entre otros) de donde se extrae el material de mena, mineral o carbón. (Lazo, 2020, pp. 56-57).
- **Ley.** - El porcentaje de contenido metálico en el mineral. (Lazo, 2020, p. 57).
- **Nivel (minería subterránea).** - Galerías horizontales en un horizonte de trabajo en una mina; es usual trabajar las minas desde

una chimenea de acceso, y se establecen niveles a intervalos regulares, generalmente con una separación de 50 metros o más; o a partir de varios túneles de acceso con diferente cota, o a partir de rampas de acceso que unen diferentes niveles. (Lazo, 2020, p. 57).

- **Preparación (desarrollo minero).** - Labores mineras llevadas a cabo para facilitar la explotación apropiada del yacimiento o depósito, una vez se ha completado la exploración minera y se ha logrado el acceso y el desarrollo tanto en el rumbo como en el buzamiento. (Lazo, 2020, p. 57).
- **Rampa.** - Un túnel o una galería inclinados que sirve de acceso a las labores mineras, desde la superficie, o como conexión entre niveles de una mina subterránea. (Lazo, 2020, p. 57).
- **Rumbo.** - Ángulo horizontal medido con respecto al norte magnético, de la línea de intersección de un plano estructural con un plano horizontal. (Lazo, 2020, p. 57).
- **Socavón.** - Galería principal de una mina, de la cual parten las galerías secundarias. (Lazo, 2020, p. 57).
- **Subnivel (minería subterránea).** - Nivel u horizonte de trabajo situado entre los niveles de trabajo principales. (Lazo, 2020, pp. 57-58).
- **Tolva subterránea.** - Apertura subterránea en el fondo de una cámara o frente de explotación por donde se conduce el material

extraído. Para designar las tolvas dentro de una mina subterránea se usa, informalmente, el término "chute".(Lazo, 2020, p. 58).

- **Veta.** - Cuerpo de roca tabular o laminar que penetra cualquier tipo de roca. (Lazo, 2020, p. 58).
- **Yacimiento mineral.** - Es una concentración de elementos minerales, cuyo grado de concentración o ley mineral hace que sea económicamente rentable su explotación. (Lazo, 2020, p. 58).

2.1.3. Fundamentación teórica

2.1.3.1. Labores de profundización

Para ser posible el acceso a recursos minerales existentes en las profundidades de la mina, se realizará el desarrollo de la Rampa Patrick, con pendiente negativa 12 %, que servirá como labor de exploración para identificar a las diferentes estructuras mineralizadas en los cuerpos y así consolidar la información obtenida de los sondajes, para acceder a estos recursos y como medio de transporte para la extracción del mineral, aprovechando al máximo la infraestructura existente en la mina.

De esta manera se mejorarán los niveles de producción y productividad, iniciándose así un proceso de mecanización en la profundización, extracción del mineral y dar flexibilidad a la producción de mina. Con la ejecución de la rampa se garantizará la explotación de la mina de forma continua, de esta manera se estaría

contribuyendo a la sistematización de los procesos de minado y la reducción de costos. (Gomez, 2021, p. 19).

2.1.3.2. Descripción de las rampas

Para el minado sin rieles, las rampas consisten en galerías inclinadas con una gradiente tal que permitan la intercomunicación entre labores con diferente cota y con la superficie, con una amplia sección de manera que facilite el desplazamiento de maquinaria, equipos, personal y materiales que necesiten actuar dentro de la mina; convirtiéndose así en la principal labor auxiliar dentro de la explotación. Dependiendo de la ubicación de cada una de las rampas, de acuerdo a las actividades a desarrollarse en las mismas y los equipos que pueden actuar, será su diseño y construcción. (Berroa, 2016. p. 5).

2.1.3.3. Diseño de una rampa

Al diseñar la construcción de una rampa, se debe considerar como parámetros Principales: Sección, gradiente, radio de curvatura y longitud total. Auxiliares: Peralte y declive.

1. **Sección.** - Las dimensiones de la rampa varían principalmente de acuerdo a la capacidad de producción que se determine, y en forma indirecta las características físicas del terreno con las cuales elegiremos el tamaño del equipo a emplear. Estas secciones en promedio son: (Vela, 2020, p. 28).

Tabla 1. Secciones promedio de las Rampas.

| Rampas | Ancho (m.) | Altura (m.) |
|-------------|-------------|-------------|
| Principales | 3.00 - 6.00 | 3.00 - 4.50 |
| Auxiliares | 2.50 - 3.50 | 2.50 - 3.00 |

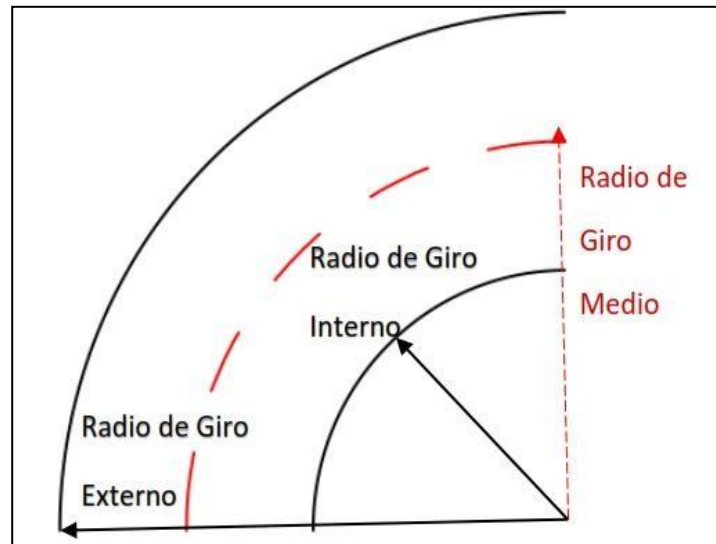
Fuente: Neyver Vela Portocarrero, 2020.

2. Gradiente. - Cada rampa tiene una gradiente más favorable a su gradiente óptima, determinada principalmente por su producción, evolución o desarrollo y por su costo de operación. Entonces cuando la gradiente aumenta tiene efecto en la disminución de la producción y genera un mayor costo de operación por hora. La gradiente óptima está entre 8 % a 10 %, pero mayormente oscila entre 10 % y 15 %, siendo en nuestro país la gradiente promedio de 12 %, con resultados satisfactorios. La gradiente más favorable es la única para toda clase de transporte. Los altos costos de operación y ventilación en gradientes empinadas son muchas veces disimulados. La gradiente influye fuerte en los costos de ventilación y del transporte. Por ello durante el planeamiento del sistema de transporte subterráneo deben de considerarse los factores ambientales. Los costos de ventilación que depende del número de vehículos empleados para transporte en rampas son reducidos a un mínimo en una gradiente de aproximadamente 8 %. (Vela, 2020, pp. 28-29).

3. Radio de curvatura. - Lo recomendable es que las rampas deban ser lo más recta posible, o que las curvas deban tener un

radio de curvatura grande. Estos radios se eligen en razón a los equipos a emplearse.

Figura 3. Radios de Giro de rampa.



Fuente: internet, citado por Neyver Vela Portocarrero, 2020.

Se tienen dos tipos de curvatura que especifican en los catálogos.

- Radio de curvatura interno (RI).
- Radio de curvatura externo (RE). (Vela, 2020, p. 29).

Lo más usual es tener en cuenta el radio de curvatura interna, que es el más cómodo u óptimo a fin de evitar choques accidentales, u otros problemas que interrumpen el normal tránsito, y así ser lo suficientemente amplio para que circulen los equipos sin ningún problema. Para elegir el radio de curvatura óptimo en una mina, se tomará el radio interno del equipo más grande en longitud, que se empleará. Para los

cálculos se tomará el radio de curvatura promedio que se obtiene por la siguiente fórmula:

$$RP = (RI + RE)/2$$

Donde:

- RE: Radio externo.
- RI: Radio interno.
- Rp: Radio promedio. (Vela, 2020, pp 28-29).

4. Longitud de rampa. - Es el metraje total de desarrollo que se realiza desde un nivel inferior a un nivel superior. Es decir, es la longitud total de acceso que se desarrolla de dicha rampa. Es muy importante determinar esta longitud para realizar el programa de desarrollo y determinar el costo de inversión. (Vela, 2020, p. 30).

5. Peralte. - El peralte tiene por finalidad evitar la volcadura de los vehículos, ya que permite equilibrar la acción de la fuerza centrífuga ocasionado por el paso del equipo por una curva. Para el cálculo del peralte ha de intervenir las fuerzas centrífugas y gravitacionales; en este sentido tendremos que valernos de las siguientes fórmulas:

$$H = \frac{V^2 * a}{R * g}$$

Donde:

- h: peralte en m.
- V: velocidad m/s.
- R: radio de curvatura promedio en m.
- g: aceleración de la gravedad m/s.
- a: ancho de la labor en m. (Vela, 2020, pp. 30-31)

6. **Declive.** - El declive que tendrá que conservar durante el desarrollo de la rampa, con el fin de ayudar al drenaje del agua, oscila entre 0 % a 5 % máximo (entre 0 a 17,50 cm.) esta será mantenida en toda la longitud de la rampa hasta su término de construcción. Este parámetro es muy poco usado o casi nada, solamente cuando hay presencia de agua y se elimina cuando la rampa tiene un piso de 0 %, inclusive en las curvas cuando es 0 %, se elimina el peralte. (Vela, 2020, p. 31).

2.1.3.4. Características de las rampas

Las rampas deben cumplir con una serie de características físicas o condiciones funcionales, de acuerdo con su labor propia para permitir la completa libertad de accionamiento a través de ellas y la mayor eficiencia, entre estas características se tiene:

- **Sección:** La sección del frente debe satisfacer las necesidades según sean las actividades a desarrollarse en la misma, condicionada con las especificaciones técnicas de los equipos que las utilizaran. Así pues, en el caso de una labor de acceso

principal se contara con un diseño de amplias dimensiones tal que sea posible transitar con vehículos de transporte, equipos de trabajo. etc. (Berroa, 2016. p. 6).

- **Gradiente:** Se define como gradiente de operación a la máxima pendiente que pueden tener las rampas para que la maquinaria opere en ellas con la mejor eficiencia. Obviamente todo equipo de sus mayores rendimientos en superficies horizontales, pero para los casos de rampas, los estudios hechos muestran que las minas en operación adoptan como gradiente optima 10%, pudiéndose aumentar hasta el 15% sin repercusiones extremas y condicionados a las exigencias de las labores. (Berroa, 2016. p. 6).
- **Superficie de rodamiento:** La calidad del piso de las rampas es fundamental para las operaciones, pues de su consistencia, uniformidad y mantenimiento depende mucho la buena marcha de las mismas. En lo posible se debe tratar de mantener una superficie homogénea, y si las condiciones lo permiten, una estructura definitiva por ejemplo concreto, para evitar serios problemas como desgaste excesivo y no uniforme en las llantas, constante patinamiento, presiones incorrectas, deslizamientos, etc. Estas superficies deben estar en constante supervisión para que no se presenten acumulaciones de material, y que el declive sea adecuado para que el agua

presente siempre vaya a las cunetas o canales de recolección.
(Berroa, 2016. pp. 6-7).

- **Drenaje:** El control del agua dentro de las rampas es de mucha importancia puesto que así se logra un mejor mantenimiento y una superficie más segura. Una cuneta lateral será necesariamente para conducir el agua presente en la rampa misma junto con los accesos directos, y sus dimensiones aumentaran con la mayor presencia de líquidos. Los canales transversales a distancias regulares serán puestos de acuerdo a las condiciones de humedad siendo por lo general cada 15 – 20 metros, los que con el declive superficial impedirán la posición del agua sobre el piso mismo. (Berroa, 2016. p. 7).

2.1.3.5. Tipos de rampas

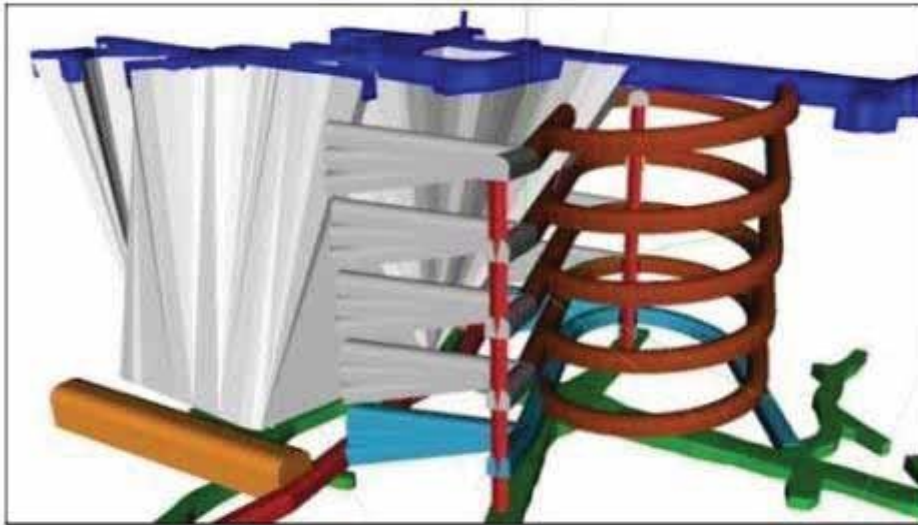
Las rampas pueden ser construidas en tres tipos: En forma de "Y", en "Zig-Zag" y en "Espiral".

1. **Forma de "Y":** Estas rampas son muy poco usadas y casi nada en el Perú, generalmente es aplicable dentro de pequeñas vetas o cuerpos de mineral. Consiste en hacer una rampa superior para acceso de materiales y otros servicios, en especial relleno; y otra rampa inferior donde se espera la descarga del mineral extraído de los tajeos. Estas rampas son de rápido desarrollo y poca preparación.

2. **Forma de espiral:** Es 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, nos sirve como medio de transporte y llevar la secuencia de minado. En los extremos de esta rampa se hacen ventanas, para las operaciones de minado. La gradiente para estas rampas debe ser entre 7% a 12% y no mayor porque sería esforzar mayor a los equipos, puesto que no podrían restituir fuerza al equipo por mantenerse la misma pendiente en toda la longitud de la rampa, de nivel a nivel. Una rampa en espiral puede dar malos resultados por:

- Poca visibilidad del conductor.
- Poca seguridad del personal y equipo.
- Aumento del desgaste de los equipos.
- Por estas razones tiene poca aplicación. Otra desventaja de estas rampas es su diseño y también los equipos dan problemas de dirección (desgaste).
- La experiencia demuestra que una rampa en espiral puede emplearse de manera óptima solo hasta una diferencia de cota de 30 m entre los puntos extremos de la rampa. (Berroa, 2016. p. 8).

Figura 4. Rampa en Espiral



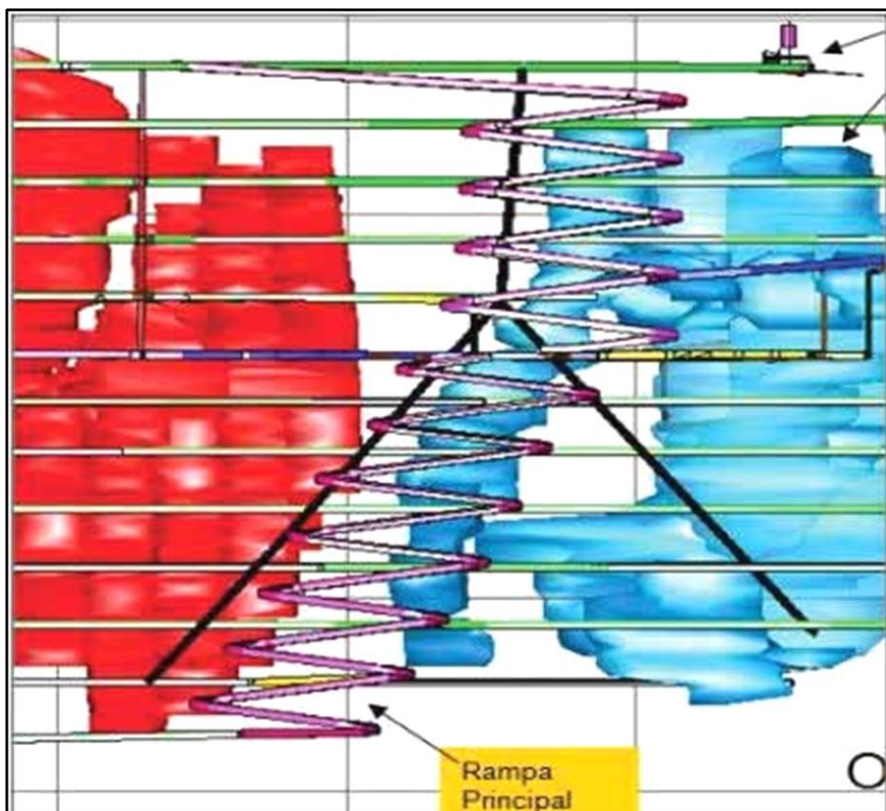
Fuente: (DAVID, 2012), citado por Saul Alvaro Gomez Mendoza, 2021.

3. **Forma de Zig – Zag:** Actualmente la mayoría de las empresas minera que está empleando el sistema de minería Trackless, construyen las rampas en forma de Zig-Zag, que tiene las siguientes características:

- El desarrollo por lo general empieza de la superficie a un costado de la zona mineralizada y la longitud de la rampa va a depender de la longitud de la veta.
- La rampa entra con una pendiente en promedio de 12% y llega a disminuir dicha pendiente en las curvas.
- Se construye en material estéril o rocas duras y competentes.

- La experiencia nos confirma realizar 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.
- Las secciones están en función a varios factores ya indicados anteriormente en el diseño. A las zonas mineralizadas se va a entrar por los cruceros o ventanas desde estas rampas. (Berroa, 2016. pp. 8-9).

Figura 5. Rampa en ZigZag



Fuente: (DAVID, 2012), citado por Saul Alvaro Gomez Mendoza, 2021.

2.1.3.6. Campos de aplicación

Un sistema de rampas básicamente es diseñado y tiene aplicación cuando las operaciones se desenvuelven dentro de un minado sin

rieles. Esta modalidad es una parte de la mecanización, puesto que para perforación en desarrollos y tajeos se usarán como jumbos de dos brazos de acuerdo a las necesidades y condiciones para su utilización, los cuales se desplazaran sobre llantas propias. Para la explotación dentro de los tajeos serán de uso corriente y conveniente equipos LHD (Load-Haul-Dump = Carga Transporte Descarga) y Trucks o camiones para uso subterráneo de perfil bajo con los que se agiliza la evacuación 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. (Berroa, 2016. p 9).

2.1.3.7. Ventajas y desventajas de las rampas

Ventajas:

- Nos facilita el desplazamiento de maquinaria, equipos, personales y materiales
- Mayor seguridad en el transporte de personal.
- Podemos incrementar el tonelaje a extraer.

Desventajas:

- El tiempo de ejecución es mayor comparado con el de un pique para la profundización.
- El costo de ejecución es mayor comparado con el de un pique para la profundización. (Berroa, 2016. Pp. 9-10).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. El Problema

Para acceder a alza reservas probadas en los niveles inferiores de la mina se está construyendo una Rampa negativa debido a que el macizo rocoso se comporta heterogéneamente surge la necesidad de diseñar la Rampa Patrick que tiene una inclinación Negativa, y es una construcción dimensionada para el ingreso de volquetes de 15 m³ (25 Tm), por esta razón su diseño contempla la sección de 4.0 m x 4.5 m. El objetivo es que la rampa sea el principal medio de extracción de reservas minerales como punto de exploración el potencial de mineral. Se hace necesario realizar el diseño y construcción de un Rampa de forma mecanizada que garantice la eficiencia en las operaciones mineras:

Por tales motivos existe la necesidad de diseñar un sistema de accesibilidad por Rampas a diferentes cotas. Asimismo, se debe establecer el diseño de los diferentes parámetros de construcción de la Rampa como:

- La sección.
- La gradiente.
- El sostenimiento de las labores en base al comportamiento de la roca y el estudio geomecánico.
- La perforación de roca del frente.
- La voladura primaria y de contorno para no dañar la roca adyacente.

- La selección y uso adecuado de los explosivos.
- La elección de bombas sumergibles para el proceso de bombeo.
- La selección de ventiladores para la Rampa
- Los costos de los materiales y los equipos y maquinarias.
- Los tiempos de construcción.
- Una mejor velocidad de avance.
- Para lo cual es indispensable conocer el comportamiento del macizo rocoso debido a la redistribución de los esfuerzos generados por la explotación de mineral, de acuerdo con los parámetros de diseño establecidos en MARSA.

3.1.1. Descripción de la realidad problemática

Minera Aurífera Retamas S.A. es una empresa de minería subterránea de capital íntegramente peruano. se encuentra ubicado en el "Batolito de Pataz", rico en concentraciones de oro y plata. Marsa, fundada en 1981 por don Andrés Marsano Porras, está ubicada a 3,900 m.s.n.m. anexo de Llacubamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad; en el flanco oeste de la Cordillera de los Andes. En sus inicios, la empresa fue inaugurada con una planta de tratamiento de 50TMS/día; con pocos recursos y como consecuencia de un arduo trabajo minero sostenido, de la inquebrantable fe minera de su fundador y de su equipo de colaboradores, se logró el crecimiento y desarrollo de MARSA; contando la empresa hoy en día con una planta de 1,800 TMS/día de capacidad instalada.

La Rampa Patrick tiene una inclinación Negativa, y es una construcción dimensionada para el ingreso de volquetes de 15 m³ (25 Tm), por esta razón su diseño contempla la sección de 4.0 m x 4.5 m. El objetivo es que la rampa sea el principal medio de extracción de reservas minerales.

3.1.2. Planteamiento y Formulación del Problema

3.1.2.1. Formulación del problema General

¿Cómo diseñar y construir la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022?

3.1.2.2. Formulación de problemas específicos

1. ¿Cuáles son las condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick?
2. ¿Como desarrollar el proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción?
3. ¿Como diseñar la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick?

3.1.3. Objetivos de la investigación

3.1.3.1. Objetivo General

Desarrollar la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022.

3.1.3.2. Objetivos Específicos

1. Determinar las condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick.
2. Desarrollar el proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción.
3. Diseñar la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick.

3.1.4. Justificación e importancia

La presente investigación se justifica porque se busca a la reducir los costos en extracción de mineral mediante la construcción de la Rampa Patrick, que se convertirá en una labor principal de extracción, lo que en términos económicos generará mayor rentabilidad a mediano y largo plazo, ya que se desea recortar los tiempos y distancias de transporte y acarreo de mineral.

Es importante porque este proyecto, está dirigido al logro de los objetivos de la unidad minera Aurífera Retamas S.A., debiendo ser dirigidos adecuadamente para su sostenibilidad en el tiempo.

3.1.5. Alcances

El presente trabajo de investigación pretende alcanzar las reservas minables de los niveles inferiores de la mina, dando mejora en los índices de producción, incremento de reservas, y una extensión de la vida útil de la mina. (Vela 2020, p. 22).

3.1.6. Delimitación de la Investigación

La investigación se ejecutará en la unidad minera Aurífera Retamas S.A., en el año 2022.

3.1.7. Limitación de la Investigación

En el desarrollo de la presente investigación se tuvo como principal limitación el diseño y planeamiento se debe de efectuar constantemente porque la roca es muy heterogenia.

3.2. Hipótesis

Hipótesis General

La profundización de la Rampa Patrick servirá para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022.

Hipótesis Específicas

1. Se determinaría las condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick.
2. Se desarrollaría el proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción.
3. Se diseñaría la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick.

3.3. Variables

Variable Independiente (x)

Profundización de la Rampa Patrick.

Variable dependiente (y)

Incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022.

3.3.1. Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables.

| Tipo de variable | Nombre de la variable | Dimensiones | Indicadores |
|------------------------|--|--|---|
| Variable Independiente | Profundización de la Rampa Patrick. | Modelo geológico. | Consideraciones litológicas, estructurales, mineralógicas y leyes del yacimiento. |
| | | Modelo geomecánico. | <ul style="list-style-type: none"> • RMR. • RQD y GSI. |
| | | Diseño conceptual de la Rampa. | <ul style="list-style-type: none"> • Sección rampa, gradiente, radio de curvatura y peralte. |
| | | Ventilación de Rampa. | <ul style="list-style-type: none"> • Pies cúbicos por minuto (cfm) |
| | | Drenaje en la Rampa | <ul style="list-style-type: none"> • Litros por segundo |
| Variable dependiente | Incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022. | Plan de producción. | <ul style="list-style-type: none"> • TM/día |
| | | Vida útil de la mina | <ul style="list-style-type: none"> • Años de producción |
| | | Condiciones geométricas del yacimiento | <ul style="list-style-type: none"> • Forma (Largo y ancho). |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de la veta. |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Inclinación. |
| | | Productividad de los tajos. | <ul style="list-style-type: none"> • TM/día |
| | | Tiempo de minado. | <ul style="list-style-type: none"> • día |
| Costo de Minado | <ul style="list-style-type: none"> • US%/Tms. | | |

Fuente: Adaptación de Bryan Joao Lazo Leandro, 2020

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es **Aplicada**, ya que apoyara en la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022.

3.4.2. Nivel de la investigación

El nivel será de investigación es descriptivo – explicativo, porque describe el proceso técnico de la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022.

3.4.3. Método

El método empleado en la investigación es el método científico, inductivo-deductivo. Este método estará orientado a observar y profundizar en los parámetros operacionales del diseño de rampas como el geológico, geomecánico, diseño de rampa, etc. y las variables económicas; y en función a estas variables diseñar la Rampa Patrick para la extracción de mineral de zonas inferiores., las cuales servirán para cumplir el plan de producción de la unidad minera y mejorar el valor presente neto en la extracción de mineral. (Lazo, 2020 p. 59)

3.4.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación consiste en ejecutar la construcción de la Profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022. Se desarrolló y analizó los resultados en un periodo de 03 meses. (Lazo, 2020 p. 60).

3.4.5. Población y muestra

Población

La población que será considerada para el estudio es la unidad minera Aurífera Retamas S.A., en el año 2022.

Muestra

La muestra que se tomó para realizar la investigación de la presente tesis es el desarrollo de la Rampa Patrick de sección 4 m x 4.5 m.

3.4.6. Métodos, materiales y técnicas e instrumentos para la recolección, procesamiento y análisis de datos

La técnica aplicada fue la observación directa y datos obtenidos en el campo, el instrumento utilizado fue la ficha de campo.

- **Observación directa.** - El análisis descriptivo a través de los ratios e indicadores para estimación de costos, siendo los instrumentos cuaderno de notas, computadora personal. Obtenidos los datos generales se realizaron los cálculos que reflejan los resultados del estudio.
- **Análisis descriptivo.** - El análisis descriptivo es un método estructurado que permite administrar, manejar y resolver acciones orientadas al control de los procesos. Dichas acciones pueden derivarse de una diversidad de fuentes, como investigaciones, inspecciones, observaciones, informes, reportes, etc.

- **Trabajo de campo:**
 - Recorrido respectivo al área en estudio.
 - Programas de Minado.
 - Experiencia en la evaluación de proyectos similares.

- **Trabajo de gabinete:**
 - Recopilación de las teorías y métodos de evaluación de proyectos
 - Cálculo del costo de operación e inversión a detalle.
 - Análisis de los resultados y su variación de riesgo en los parámetros sensibles a variaciones. (Aquino, 2019, p. 71).

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción de la realidad y procesamiento de datos

Minera Aurífera Retamas S.A. es una empresa de minería subterránea, que realiza la extracción de los recursos minerales mediante galerías de acceso, los cuales consisten en túneles, rampas y cámaras encontrándose a largas distancias de la superficie. Con la finalidad de acceder a las nuevas reservas se construye la Rampa Patrick, se está desarrollando una labor de profundización, la sección de la rampa es de 4.0m x 4.5m en tramo recto y cuando requiera 4.5m x 4.5m y la gradiente positiva o negativa con pendiente máxima de 12% en las rectas.

4.2. Condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick

Debido a las características geológicas de la mineralización en MARSA - Unidad San Andrés, se utilizan diversos métodos de explotación, como Corte y Relleno, Cámaras y Pilares, Long Wall convencional y mecanizado, y TR (Recuperación de Pilares en Tajos). Para garantizar la eficacia de estos métodos, se establecen estándares que definen parámetros específicos para la extracción mineral.

La geomecánica desempeña un papel crucial al determinar el comportamiento del macizo rocoso alrededor de las excavaciones subterráneas. En este contexto, se lleva a cabo la Caracterización Geomecánica, la Clasificación Geomecánica y la estimación de las propiedades de la roca intacta y el macizo rocoso en la Rampa Patrick. Además, se realiza un análisis de estabilidad que abarca las aperturas

máximas, los tiempos de auto-soporte y la estabilidad estructural y controlada por esfuerzos.

4.2.1. Clasificación Geomecánica de la masa rocosa

Se ha llevado a cabo la clasificación del macizo rocoso en el área de estudio utilizando el Sistema RMR (Rock Mass Rating - Valoración de la masa rocosa) de Bieniawski (1989) y el índice de caracterización GSI (Geological Strength Index - Índice de Resistencia Geológica) de Hoek et al. (1994-2002). Se realizó la zonificación geomecánica mediante el mapeo geomecánico de las excavaciones subterráneas, agrupando las áreas con características geomecánicas similares. Esta zonificación tuvo en cuenta aspectos litológicos, estructurales y de calidad de la masa rocosa, y es fundamental para los análisis de diseño. Se evaluaron las propiedades mecánicas de la roca intacta y el macizo rocoso utilizando diferentes métodos, como ensayos con martillo de geólogo y ensayos de laboratorio (propiedades físicas, carga puntual y compresión triaxial). Además, se utilizó el criterio generalizado de Hoek & Brown (2002-2006) para estimar los parámetros de resistencia de la roca. Estas propiedades se determinaron para cada tipo de roca dentro de los dominios estructurales correspondientes. Se evaluaron otros factores de influencia, como el agua subterránea y los esfuerzos, que podrían afectar las condiciones de estabilidad de las excavaciones relacionadas con la minería.

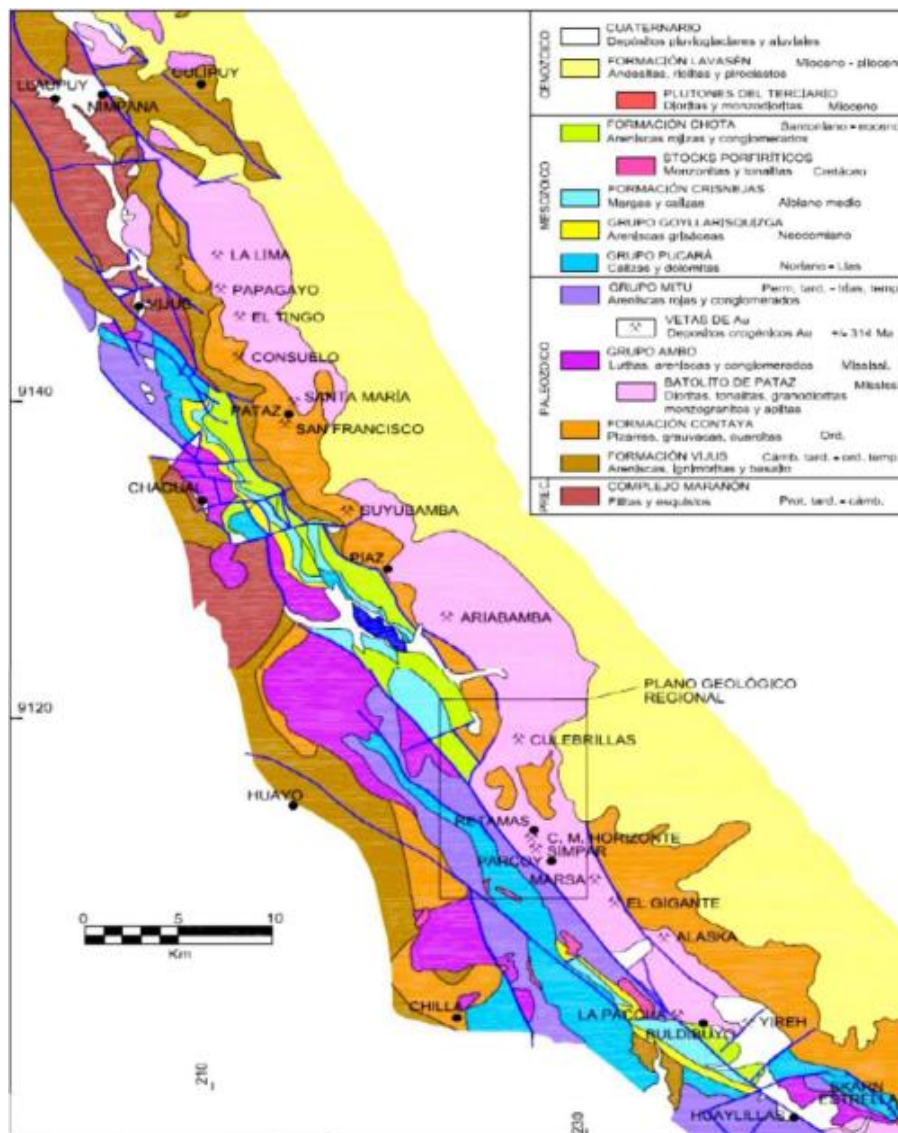
Se realizó un análisis de estabilidad que abarcó las condiciones de las excavaciones, incluyendo las aperturas máximas, los tiempos de auto-soporte

y la influencia de las discontinuidades estructurales y los esfuerzos en dichas condiciones de estabilidad.

4.2.2. Marco geológico

La región aurífera de Parcoy - Gigante Buldibuyo se encuentra asociada a una franja de rocas intrusivas denominada "Batolito de Pataz", que atraviesa las filitas, pizarras y rocas metavolcánicas del Complejo Marañón. (ver figura 6).

Figura 6. Plano Geológico Regional.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Se extiende a lo largo de aproximadamente 50 km, desde Vijus en el norte hasta Buldibuyo en el sur, con un ancho promedio de 2.5 km. Está limitado al este-noreste por el Complejo Marañón y las Lavas Volcánicas, y al oeste-suroeste por las rocas sedimentarias mesozoicas de la Formación Crisnejas.

Durante el período del Carbonífero, tanto el magmatismo como el tectonismo generaron una importante fractura en la secuencia de metavolcánicos y sedimentos del Proterozoico Carbonífero del valle del Marañón, que proporcionó el emplazamiento para el Batolito de Pataz.

Este cuerpo intrusivo se encuentra altamente fracturado, lo que permitió el transporte de soluciones mineralizantes a través de estas fracturas, dando lugar a la formación de vetas o estructuras filonianas con orientación noroeste-sureste.

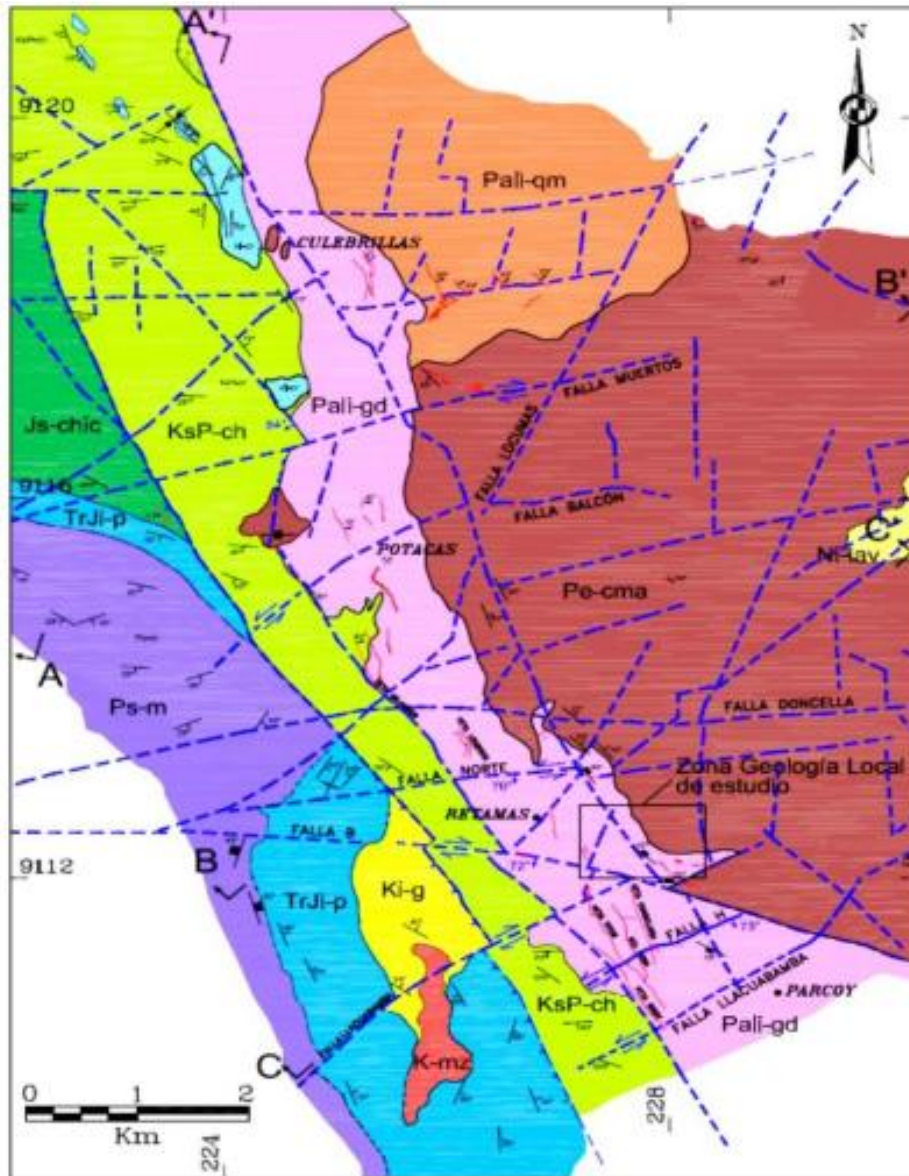
Geología local: El proyecto se encuentra emplazado en pórfido tonalíticas correspondiente al Batolito de Pataz. Así mismo se presentan sistemas de discontinuidades medianos y menores en la zona de estudio.

Estos sistemas de discontinuidades han sido considerados en el análisis numérico correspondiente. La zona se halla mayormente cubierta por depósitos Cuaternarios; las rocas y estructuras mineralizadas se encuentran poco expuestas, a excepción de la veta “El Gigante” y “Esperanza” que afloran en el cerro el Gigante.

En la mina el Gigante, debajo de la cubierta Cuaternaria, se extiende el intrusivo de Pataz, de naturaleza félsica a máfica, en este intrusivo se hospedan las vetas auríferas. al NE, cerca del Marañón, y al SW del Tambo,

las ocurrencias de areniscas — limolitas — volcánicos (capas rojas), pertenecen al grupo Mitú.

Figura 7. Plano Geológico Local.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Geología Estructural: El Batolito de Pataz ha sido afectado por diversos eventos tectónicos a lo largo de los últimos 300 millones de años. Estos eventos son resultado de procesos orogénicos y magmáticos que tuvieron lugar durante el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. Las estructuras

presentes en el área de estudio indican múltiples etapas de tectonismo y levantamiento, que se manifestaron a través de fallas tanto antes como después de la mineralización.

El sistema de estructuras pre-mineralización es complejo, con algunas estructuras mineralizadas formadas por esfuerzos tectónicos y otras formadas en condiciones de contracción por enfriamiento. Estas estructuras controlan la distribución de las vetas.

Por otro lado, el sistema estructural post-mineralización es muy marcado, con fallas de alto ángulo y rumbo predominantemente este-oeste. Estas fallas son fuertes y presentan desplazamientos significativos de decenas a cientos de metros.

Se observan también fallas longitudinales subparalelas a las vetas mineralizadas, que parecen ser fallas de reactivación que han enriquecido las vetas.

En la zona de estudio, se destacan varios rasgos estructurales:

Fallas longitudinales con rumbo noroeste-sureste: Estas fallas post-mineralización, que son subparalelas o paralelas a las vetas, generan ensanchamientos, acuñamientos y discontinuidades locales en las estructuras mineralizadas. Muchas de ellas son de tipo normal-dextral (noroeste-derecha) e inversa-dextral (Sistema Chilcas), con desplazamientos que van desde centímetros hasta varios metros.

Sistema este-oeste: Este sistema, con rumbo promedio este-oeste y buzamiento alto al norte o sur, incluye fallas como Cabana, San Vicente, Las

Torres y Ventanas, con desplazamientos de hasta 100 metros en la componente vertical y 300 metros en la componente horizontal. Estas fallas generalmente limitan o desplazan a las fallas anteriores y dividen al Batolito de Pataz en bloques, lo que resulta en variaciones de buzamiento de las vetas en diferentes bloques. Muchas de estas fallas son pre-mineralización en relación con el sistema de vetas noroeste-sureste, pero también han experimentado reactivaciones posteriores a la mineralización.

Fallas transversales noroeste-sureste: Estas fallas tienen un buzamiento alto al sureste y un movimiento normal-dextral. Han afectado en general a las vetas.

Fallas transversales norte-sur: Estas fallas tienen un buzamiento alto al oeste y a menudo se presentan en grupos (fallamiento gravitacional), controlando la Falla Patrick, Cabana, NW-2 y otras de menor importancia.

Estas estructuras también influyen en la presencia de minerales de ganga o impurezas, como cuarzo lechoso, calcita, caolinita, calcopirita, entre otros.

4.2.3. Caracterización de la masa rocosa

Se llevó a cabo una caracterización geomecánica del macizo rocoso mediante el levantamiento geomecánico en los diferentes afloramientos rocosos expuestos en las excavaciones de la mina subterránea.

La información geomecánica se registró a través del mapeo geomecánico de la masa rocosa expuesta en las labores subterráneas. Se utilizó el "método directo por celdas de detalle" para el mapeo geomecánico. Se registraron parámetros como el tipo de roca, el tipo de sistema de discontinuidad, la

orientación, el espaciado, la persistencia, la apertura, la rugosidad, el tipo de relleno, el espesor del relleno, la intemperización y la presencia de agua. Estos parámetros se registraron de acuerdo a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM).

En la zona de estudio, las estructuras mineralizadas se encuentran principalmente dentro del intrusivo, siendo las rocas encajonantes en su mayoría tonalíticas porfiríticas a tonalíticas simples o microdioritas. Esto indica un control favorable para la mineralización, que disminuye hacia rocas más ácidas como cuarzo monzonitas y granitos. Las rocas han experimentado modificaciones físico-químicas debido a la alteración, lo que ha degradado sus características geomecánicas. Por lo tanto, durante la excavación de un macizo rocoso, es importante analizar el tipo litológico presente en la roca y su estado de meteorización, ya que esto determina la resistencia mecánica del macizo.

Se procesaron los datos orientacionales de las discontinuidades utilizando técnicas estereográficas del programa de cómputo DIPS, desarrollado por M.S. Diederichs y E. Hoek del Grupo de Ingeniería de Rocas de la Universidad de Toronto. Se realizó una interpretación de los datos estructurales obtenidos de los mapeos en los afloramientos rocosos de las labores mineras, que se recopilaron en los mapeos geomecánicos y en el Sistema Integrado de MARSAS, SIM.

Los resultados se presentan en tablas relacionadas con las estructuras menores (sistema de diaclasamiento) y las estructuras mayores (sistema de fallas). Estos resultados fueron analizados estadísticamente utilizando

técnicas estereográficas y la distribución de Fisher para el análisis de polos. Es importante destacar que se realizó un agrupamiento de las estructuras menores para los diferentes dominios estructurales asociados a las diferentes vetas en el yacimiento de MARSA, como veta AA, BB, Cabana, Cachaco, Daniela, Esperanza, Shakira y Valeria.

Tabla 3. Sistema de Discontinuidades Estructuras menores (sistema de diaclasas). Dirección de Buzamiento / Buzamiento.

| Dominio Estructural | Sistema 1 | Sistema 2 | Sistema 3 | Sistema 4 |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Veta AA | 157/76 | 260/69 | 22/80 | |
| Veta BB | 278/71 | 239/60 | 43/85 | 239/69 |
| Veta CABANA | 160/81 | 255/78 | 198/79 | 57/29 |
| Veta CACHACO | 265/81 | 245/64 | 201/74 | 235/25 |
| Veta DANIELA | 156/86 | 242/61 | 68/18 | 207/68 |
| Veta ESPERANZA | 74/83 | 257/57 | | |
| Veta SHAKIRA | 28/53 | 209/82 | 102/16 | |
| Veta VALERIA | 152/79 | 242/86 | 87/6 | |
| COMPOSITO | 156/78 | 257/77 | 71/16 | 203/73 |

Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

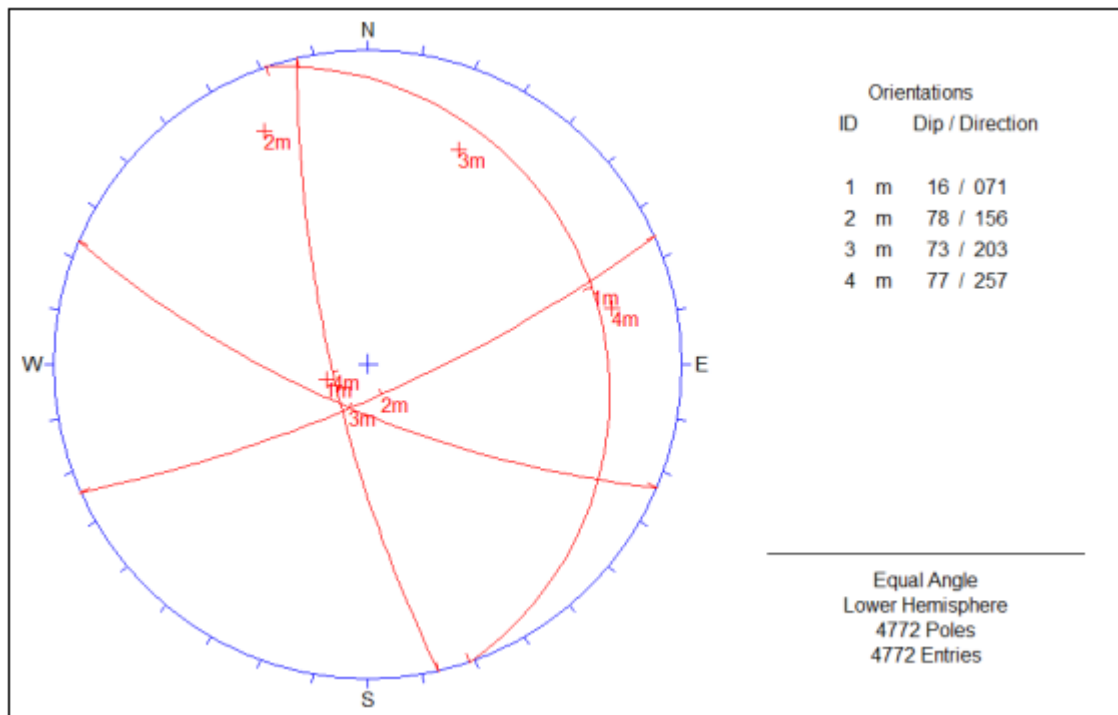
Tabla 4. Sistema de Discontinuidades Estructuras Mayores Compósito de Fallas.

| Descripción | Sistema 1 | Sistema 2 | Sistema 3 |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Dirección de Buz./Buz | 71/23 | 248/79 | 113/73 |
| Rumbo / Buzamiento | N19°W / 23°NE | N22°W / 79° SW | N23°E / 73°SE |

Departamento de Geología Mina MARSA.

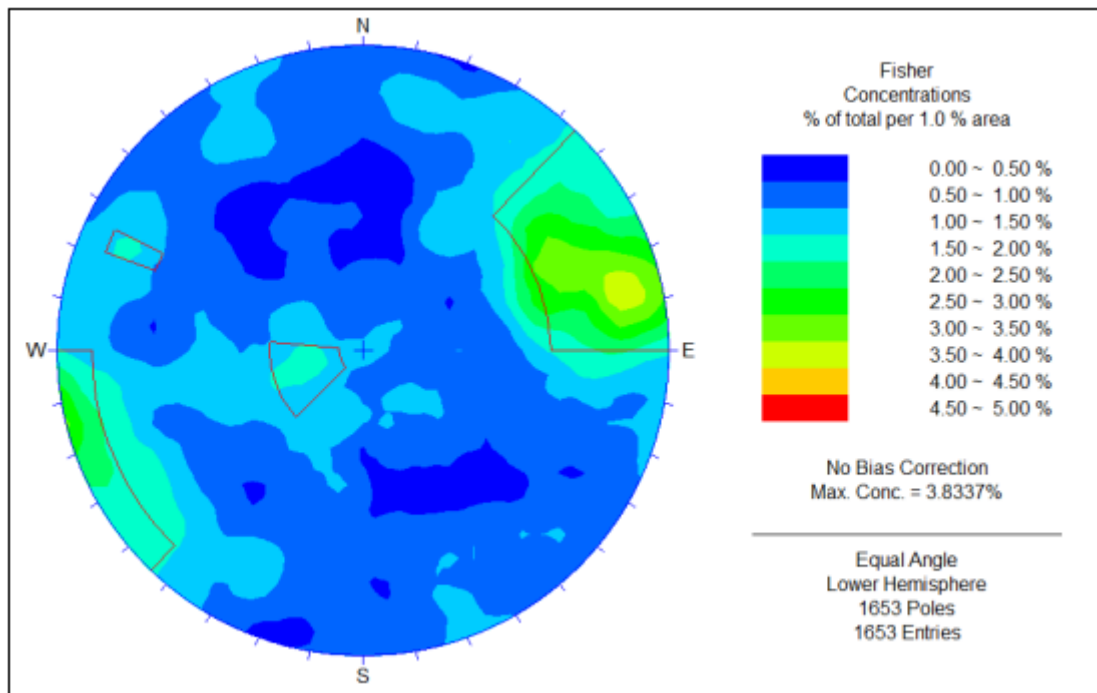
Fuente:

Figura 8. Representación de los planos principales del compósito de Estructuras menores.



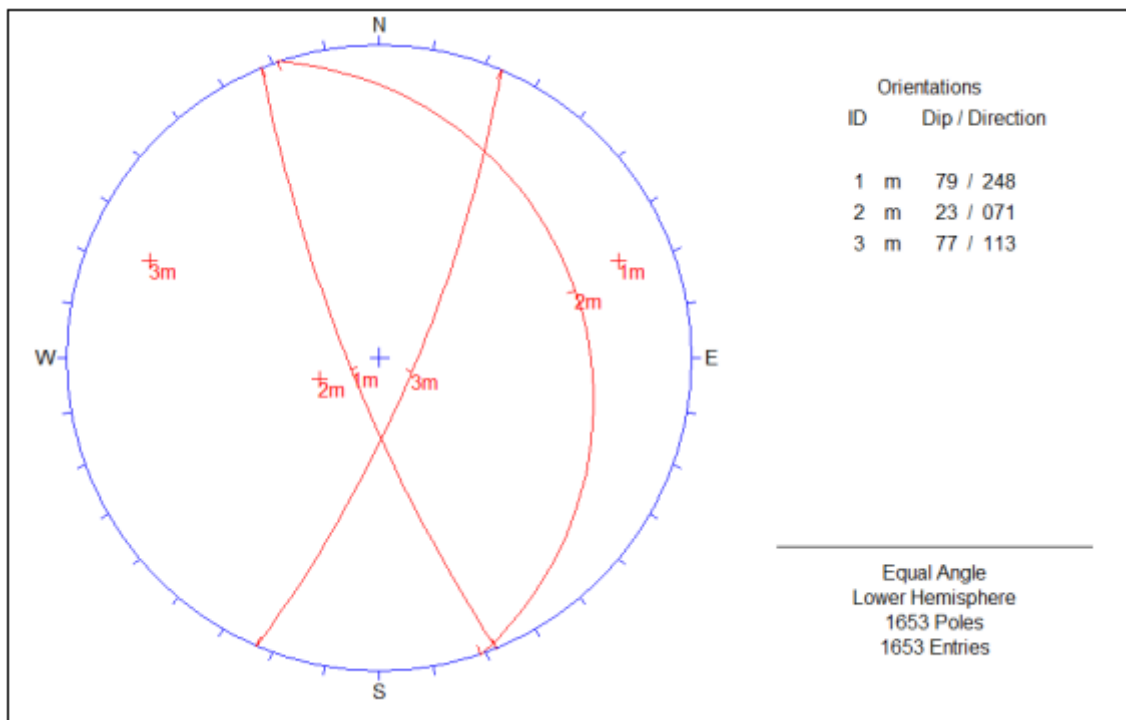
Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Figura 9. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de Fallas (2% del área de la superficie del hemisferio).



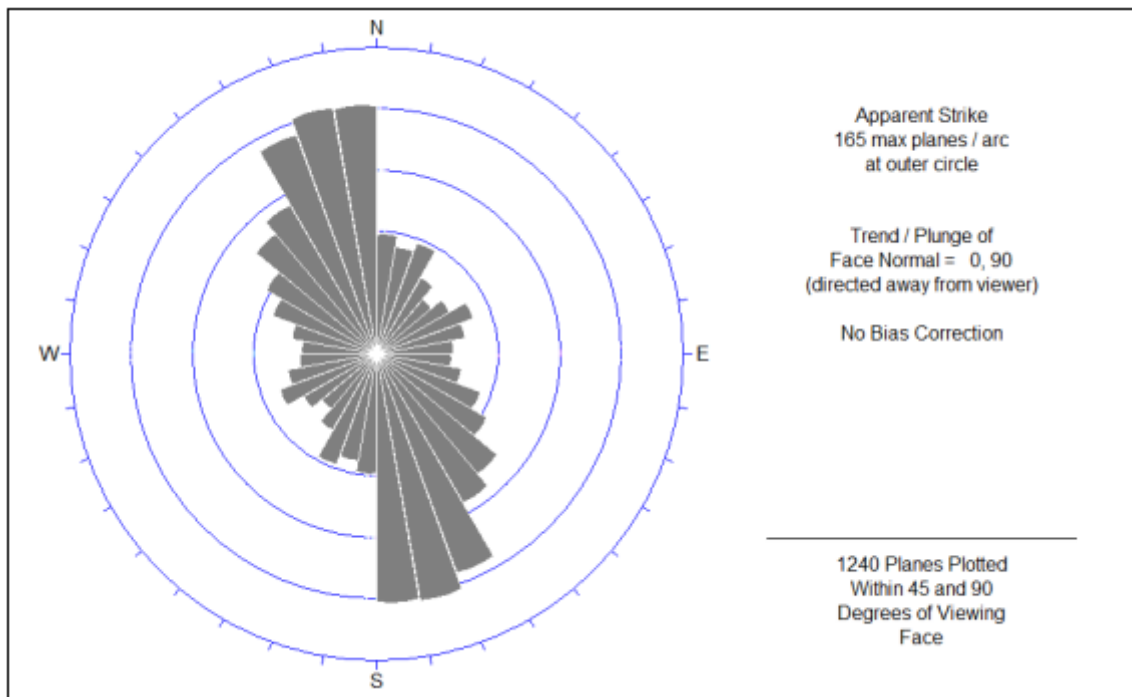
Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Figura 10. Representación de los planos principales del compuesto de Fallas.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Figura 11. Diagramas de Rosetas del compuesto de Fallas.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

4.2.4. Clasificación geomecánica de la masa rocosa

Se utilizó el Sistema de Valoración de la masa rocosa, Rock Mass Rating (RMR) de Z.T. Bieniawski (1989), para clasificar geomecánicamente el macizo rocoso. Se estimaron los valores de resistencia compresiva mediante índices de campo, utilizando una picota, y estos valores se corroboraron y ajustaron con ensayos de laboratorio realizados en diciembre de 2013 en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. Además, se estimaron los valores del RQD% utilizando la relación de Priest y Hudson, que se basa en la frecuencia de discontinuidades por metro lineal. Asimismo, se determinó el GSI (Geological Strength Index) de Hoek & Marinos 2000, utilizando la correlación: $GSI = RMR_{89} - 5$, con el objetivo de estimar las propiedades del macizo rocoso.

El criterio para clasificar la masa rocosa se presenta en una tabla (Cuadro N° 4.3). Se registraron los valores promedio del "RMR BÁSICO" según el dominio litológico en otra tabla (Cuadro N° 4.4), sin considerar ajustes por la orientación de las discontinuidades. Los registros y resultados de los datos se presentan de acuerdo a los dominios litológicos más representativos que contienen la mineralización, como diorita, granito, granodiorita, microdiorita y tonalita.

Cuadro N° 4.3, Rangos de Clasificación RMR y colores establecidos en MARSA.

| TIPO DE ROCA | RMR BIENIAWSKI | CLASIFICACION DE LA ROCA | |
|--------------|----------------|--------------------------|-------------|
| II | II-A | 71 - 80 | BUENA "A" |
| | II-B | 61 - 70 | BUENA "B" |
| III | III-A | 51 - 60 | REGULAR "A" |
| | III-B | 41 - 50 | REGULAR "B" |
| IV | IV-A | 31 - 40 | MALA "A" |
| | IV-B | 21 - 30 | MALA "B" |
| V | V-A | 0 - 20 | MUY MALA |

Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Tabla 5. Rangos de Clasificación RMR y colores establecidos en MARSA.

| Litología | Rango RMR | Calidad de la Masa Rcosa |
|--------------|-----------|--------------------------------|
| Diorita | 26 - 64 | IIB, IIIA, IIIB, IVA y IVB |
| Granito | 20 - 65 | IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA |
| Granodiorita | 26 - 61 | IIB, IIIA, IIIB, IVA y IVB |
| Microdiorita | 16 - 69 | IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA |
| Tonalita | 23 - 62 | IIB, IIIA, IIIB, IVA y IVB |

Fuente:

Departamento de Geología Mina MARSA.

4.2.5. Resistencia de la roca

La resistencia compresiva no confinada de la roca intacta (σ_{ci}), también conocida como resistencia compresiva simple o uniaxial, es uno de los parámetros más importantes para el comportamiento mecánico de la masa rocosa. Los valores de σ_{ci} se estimaron mediante los siguientes métodos:

Índices de campo: Se realizaron ensayos de golpe con el martillo de geólogo (picota) de acuerdo con las normas de la ISRM durante el mapeo y la caracterización geomecánica de los afloramientos rocosos en las labores mineras.

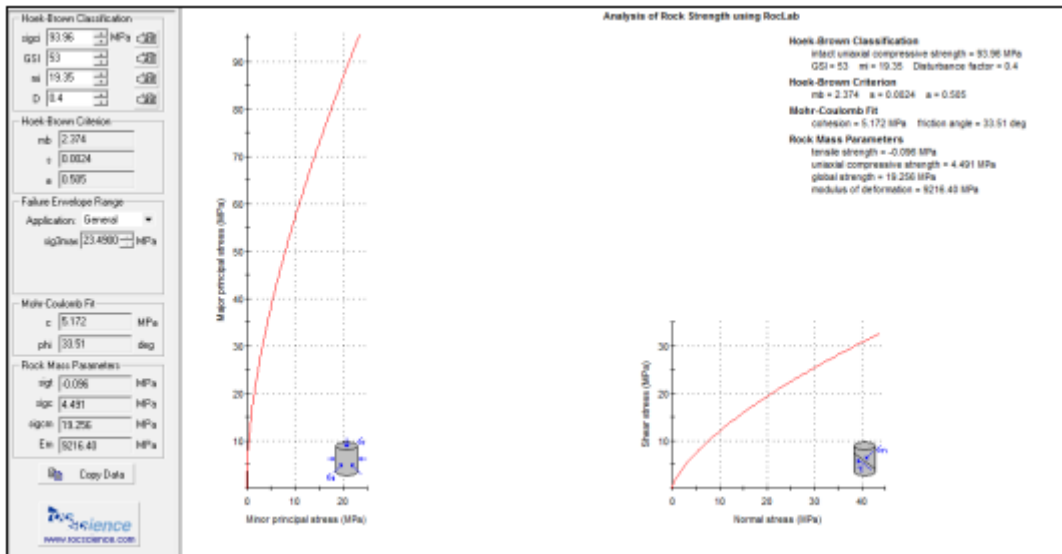
Ensayos de laboratorio de mecánica de rocas: Se llevaron a cabo ensayos de compresión triaxial, compresión simple, propiedades elásticas y tracción en probetas obtenidas de testigos de los sondajes diamantinos y de bloques rocosos. Se proporciona un resumen de los resultados de los ensayos de compresión triaxial, compresión simple y propiedades elásticas en una tabla (Cuadro N° 4.7), para las rocas asociadas a los dominios estructurales definidos anteriormente. Para estimar los parámetros de resistencia de la masa rocosa, se utilizó el criterio de falla Generalizado de Hoek & Brown (2002, 2006), con el programa ROCLAB de Rocscience Inc. (2007). Para ello, se tomaron los valores más representativos de calidad de la masa rocosa reflejados en el valor del índice GSI, resistencia compresiva uniaxial y la constante “mi” de la roca intacta, estimados en el presente estudio.

Tabla 6. Propiedades de la Resistencia de la masa rocosa.

| Litología | "mi" | σ_c (MPa) | Cohesion (MPa) | Angulo de Friccion (°) | Modulo de Young (Gpa) | Poisson |
|--------------|-------|------------------|----------------|------------------------|-----------------------|---------|
| Diorita | 19.35 | 93.96 | 19.82 | 52.08 | 10.25 | 0.30 |
| Granito | 15.3 | 88.31 | 17.82 | 48.45 | 8.93 | 0.31 |
| Granodiorita | 26.23 | 120.19 | 19.68 | 56.03 | 11.87 | 0.30 |
| Tonalita | 8.06 | 38.27 | 9.07 | 39.14 | 4.97 | 0.32 |

Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Figura 12. Propiedades de la Resistencia de la masa rocosa.

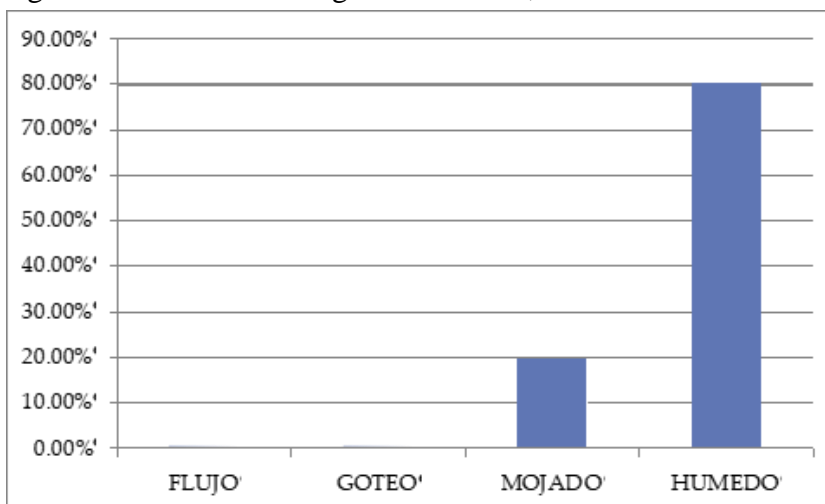


Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

4.2.6. Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua dentro de la masa rocosa, influye adversamente en las condiciones de estabilidad de las labores subterráneas, principalmente en rocas fracturadas o estratificadas, donde los flujos considerables, generan presión y actúan como lubricante, en algunos casos, lavando el relleno débil de las fracturas, complicando de esta manera la estabilidad de la excavación.

Figura 13. Presencia de Agua en Labores, MARSA.

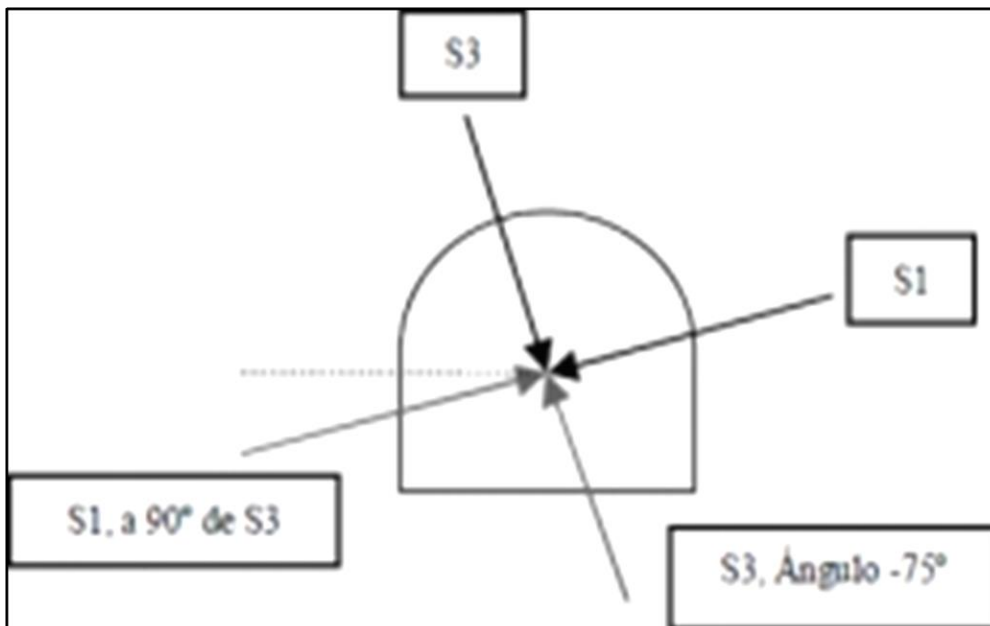


Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

4.2.7. Esfuerzos in-situ

Cualquier macizo rocoso en estado natural o virgen contiene componentes de esfuerzos no nulas debido al peso propio de la roca sobre-yacente, confinamiento o historia geológica. Este campo de esfuerzos es alterado por las excavaciones que puedan realizarse, generando nuevos esfuerzos inducidos los cuales pueden vencer la resistencia del macizo rocoso; dichos esfuerzos inducidos están en función de los esfuerzos in-situ, de esta manera, es esencial el conocimiento de los esfuerzos in-situ para el análisis de estabilidad correspondiente. Para estimar la magnitud del esfuerzo vertical se ha utilizado el criterio de carga litostática de Hoek & Brown (1978), en el cual, el esfuerzo vertical es calculado a partir del peso unitario de la roca sobre yacente y la profundidad debajo de la superficie. Para estimar el esfuerzo horizontal, es necesario conocer la constante “k”, factor de distribución de esfuerzos, dado que dicha constante indica la relación entre el esfuerzo horizontal y el esfuerzo vertical. En este caso, dadas las mediciones de esfuerzo in situ realizadas en MARSÁ el valor de “k” será determinado mediante la siguiente aproximación: $k = 0.5 + (1500/z)$ y el valor del esfuerzo vertical para el criterio de carga litostática: $\sigma_V = 0.027 * 0.13 * z$; donde z es la profundidad.

Figura 14. Dirección de Esfuerzos insitu en MARSA y configuración para sección de análisis geomecánico.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

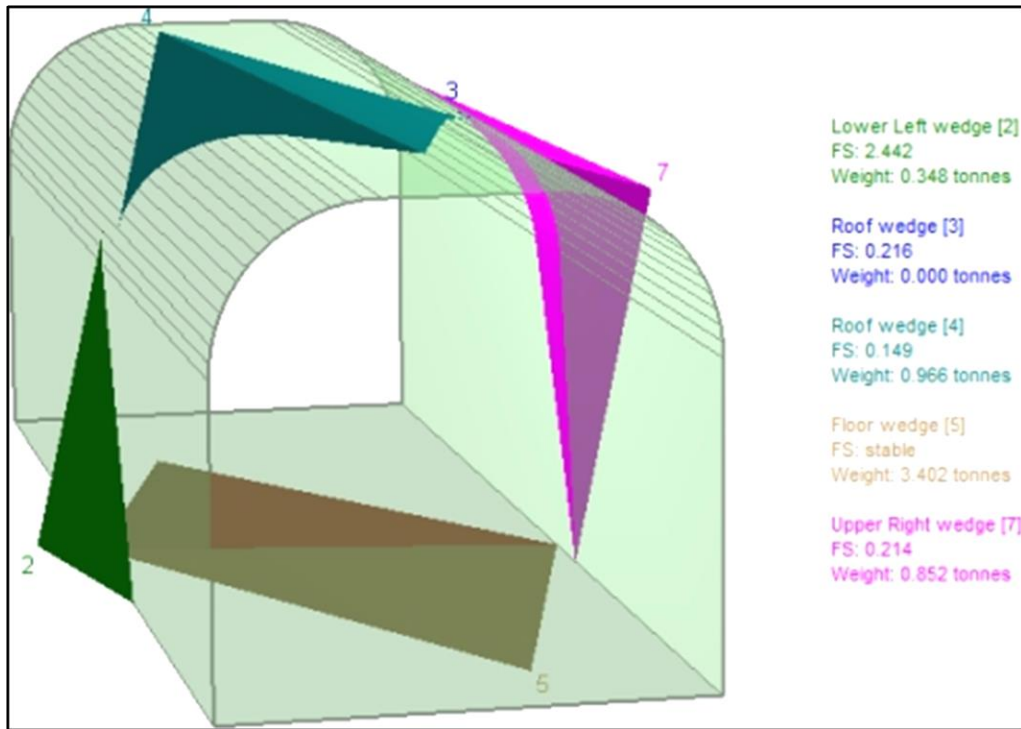
Según este criterio, el esfuerzo vertical in-situ varía aproximadamente de 1.9 a 3.8 MPa para profundidades que van de 540 a 1080, donde actualmente se concentra la mayor explotación de la mina; de la misma forma, la constante “k” varía de 3.28 a 1.89; finalmente, los esfuerzos in-situ horizontales estarían en el rango de 6.2 a 7.1 MPa. Se ha revisado también el Mapa Mundial de Esfuerzos, según este mapa y considerando que en MARSA han ocurrido importantes fallas inversas, se corrobora que, el esfuerzo horizontal mayor, que ocurre perpendicular al rumbo andino, es decir más o menos en dirección E-W, sería de magnitud mayor que el esfuerzo vertical.

4.2.8. Análisis de estabilidad

Los parámetros de dimensionamiento en base al estándar del método de explotación corroborando las implicancias de dichos parámetros en la estabilidad durante el minado de acuerdo a las condiciones geomecánicas de

la masa rocosa; se realizara un análisis en cuanto a la estabilidad estructuralmente controlada (conducidas por gravedad), y la estabilidad controlada por la resistencia de la masa rocosa (conducida por los esfuerzos). Estabilidad estructuralmente controlada: Cuando se trata de un macizo rocoso formado a base de bloques (generados por las intersecciones de las diaclasas), los problemas de inestabilidad surgen como consecuencia de la caída de dichos bloques ya sea del techo y hastiales, dependiendo de la geometría y tamaño de la excavación, así como de la estructura del macizo rocoso. En excavaciones a gran profundidad, los esfuerzos producirán la falla del macizo rocoso a favor de dichas superficies de discontinuidad. El análisis de estabilidad estructuralmente controlado se ha llevado a cabo utilizando el programa UNWEDGE Versión 3.005 de Rocscience Inc. (2004). Para el análisis se ha considerado el compósito de discontinuidades y su configuración estructural de acuerdo al avance de la excavación en este caso paralelo a la mineralización (para el caso de Galerías, subniveles y by pass) y perpendicular a la mineralización (para el caso de cruceros y accesos). Cabe resaltar que para ser efectiva la ocurrencia de bloques por lo menos se deben tener tres sistemas de discontinuidades.

Figura 15. Formación de cuñas, cuando el avance de la excavación este orientado paralelo a la mineralización: Galerías, subniveles, by pass.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

4.3. Proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción.

El proceso de construcción de la Rampa Patrick fue llevado a cabo con el propósito de acceder a las reservas existentes y facilitar su posterior extracción.

4.3.1. Estandarización de la construcción de la rampa

- a. **Objetivo:** Estandarizar medidas y distribución de espacios en la rampa principal, minimizando los riesgos de seguridad y salud ocupacional
- b. **Alcance:** Aplica a la construcción de la rampa principal.

c. **Referencias legales y otras normas:** D.S. N° 024-2016 EM y su modificatoria DS N° 023-2017 EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional, Art. 214 h), j) y Art. 216

d. **Especificaciones del estándar:**

Parámetros geomecánicos:

- Aplicar el E-MIN-33 Estimación del Tipo de Sostenimiento De Acuerdo a la Calidad del Macizo Rocoso.

Diseño e ingeniería:

- La sección de la rampa es de 4.0m x 4.5m en tramo recto y cuando requiera 4.5m x 4.5m.
- Gradiente positiva o negativa con pendiente máxima de 12% en las rectas.
- Sobre-excavación permisible de acuerdo al estándar de Voladura según sección y tipo de roca.
- En caso las condiciones del terreno presenten situaciones atípicas, como presencia de fallas u otros, que conlleven a una sobre-excavación, se deberá evaluar la estabilidad de la labor y recomendar el sostenimiento pertinente, que garantice la estabilidad de la labor bajo las nuevas dimensiones con la participación de las áreas involucradas.
- En Curvas.

- Gradiente: 8 % como máximo
- Radio de curvatura: 25m como mínimo.
- Peralte: 0.5%.
- Ancho en curvatura: 0.5m adicional.
- Todo equipo que ingrese a Rampa debe tener como máximo 3.10 m de altura y un ancho de 2.6m.
- Los refugios estarán ubicados cada 50 m al lado opuesto de la cuneta con dimensiones: 1.5m de ancho x 1.8m de alto x 1.5m de longitud. En las curvas, irán espaciados cada 30m, ver figura N°3.
- Las Cámaras de carguío estarán cada 200 m a ambos lados de la Rampa. Tendrán una sección de 4.0m de ancho x 4.0m de alto y longitudes de 12m y 15m respectivamente, con radio de curvatura no menor a 10m en la cámara de posicionamiento y no menor a 6m en la cámara de acumulación respectivamente, el realce para el carguío hasta una altura de 7m.
- La cámara para la subestación eléctrica será ubicada al lado opuesto de la cuneta, con dimensiones de acuerdo al E-MIN-18 Cámara para Sub-estación Eléctrica. Espaciar 30m como mínimo respecto a la cámara de carguío.
- La cámara de bombeo de avance se ubicará al lado de la cuneta, con dimensiones: 3.0m de ancho x 3.0m de alto x 10.0m de largo, con una pendiente negativa de 15 % y espaciada como mínimo a

30m con respecto a la subestación eléctrica. El último refugio se utilizará como nicho para el tablero eléctrico de avance.

Operación:

- Aplicar el E-MIN-9 Malla de Perforación y Carguío de taladros en Rampa.

Servicios:

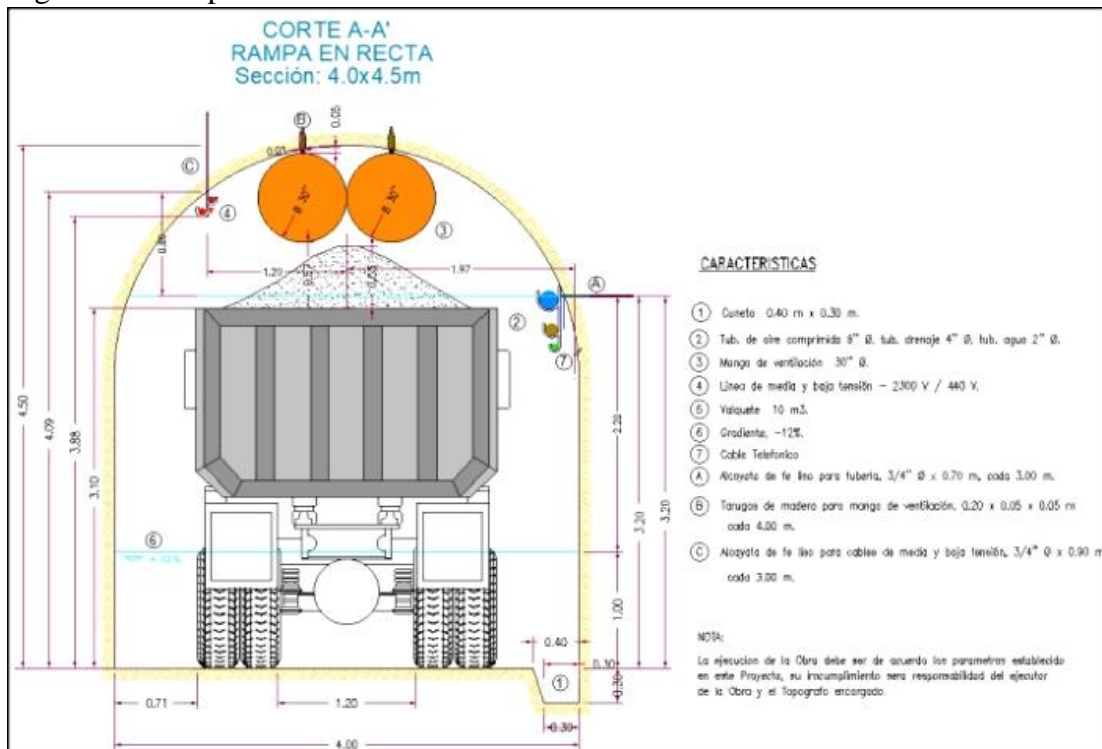
- Taladros de 90cm de longitud para alcayatas como soporte de la tubería de aire, bombeo y agua, a una altura de 2.5m desde el piso, distanciados cada 3m y ubicados al lado de la cuneta. La tubería de bombeo va a un metro del piso.
- Taladros de 30cm de longitud para alcayatas como soporte del cable eléctrico, a una altura de 3.2m desde el piso, distanciados cada 3m y ubicados en el hastial opuesto de la cuneta.
- Dos taladros de 30 cm de longitud ubicado en la corona de la labor y a 40 cm del eje del mismo a ambos lados, para tarugo de soporte de mangas de ventilación y distanciados cada 4 m.
- Tarugos de madera con sección 5cm x 5cm x 30cm de largo para manga de ventilación.
- Mangas de ventilación de 28 pulgadas de diámetro como máximo.

- Cuneta de 40cm de ancho x 40cm de profundidad, ubicada en la parte inferior derecha de la rampa.
- Se instalarán mangas de ventilación a no más de quince metros (15m) del frente de disparo.
- Taladros horizontales de 30cm de profundidad para instalar una alcayata de soporte de cable telefónico y radio, a una altura de 3.10m desde el piso, distanciado cada 3 m y ubicado al lado de la cuneta.

Responsables:

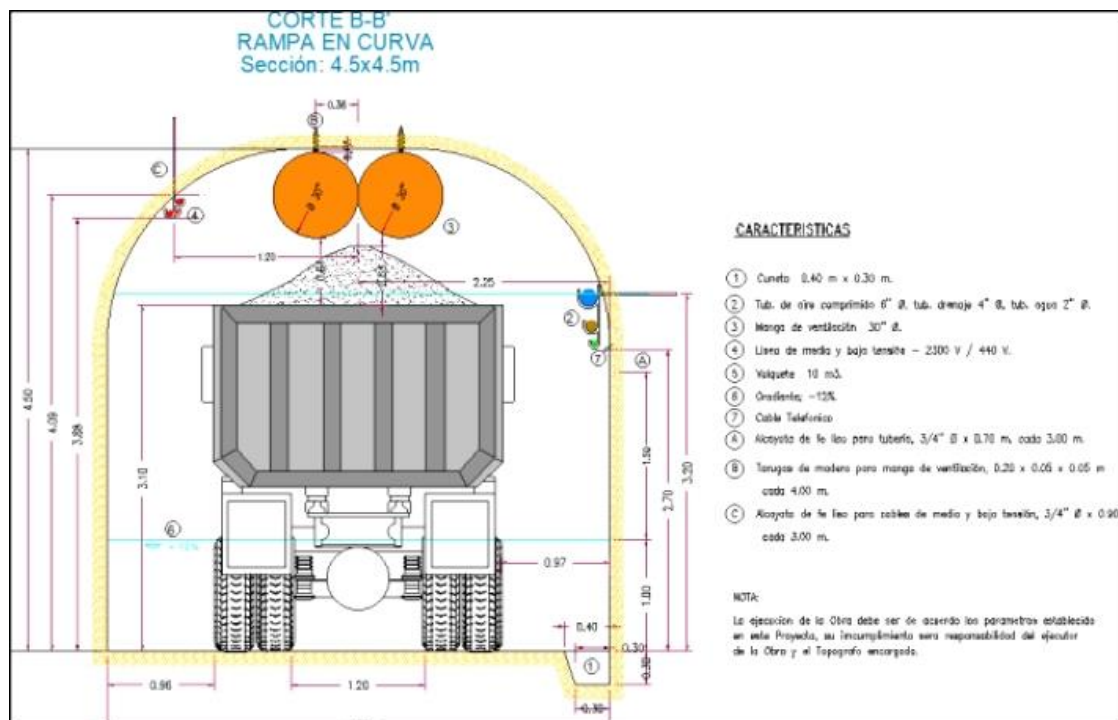
- Superintendente de Mina: Actualizar y difundir el presente estándar.
- Jefe de División: Supervisar y difundir el presente estándar a los ejecutores de la construcción.
- Jefe de Sección: Cumplir, supervisar, difundir y verificar el presente estándar a los ejecutores de la construcción.

Figura 16. Rampa de sección 4.0m x 4.5m.



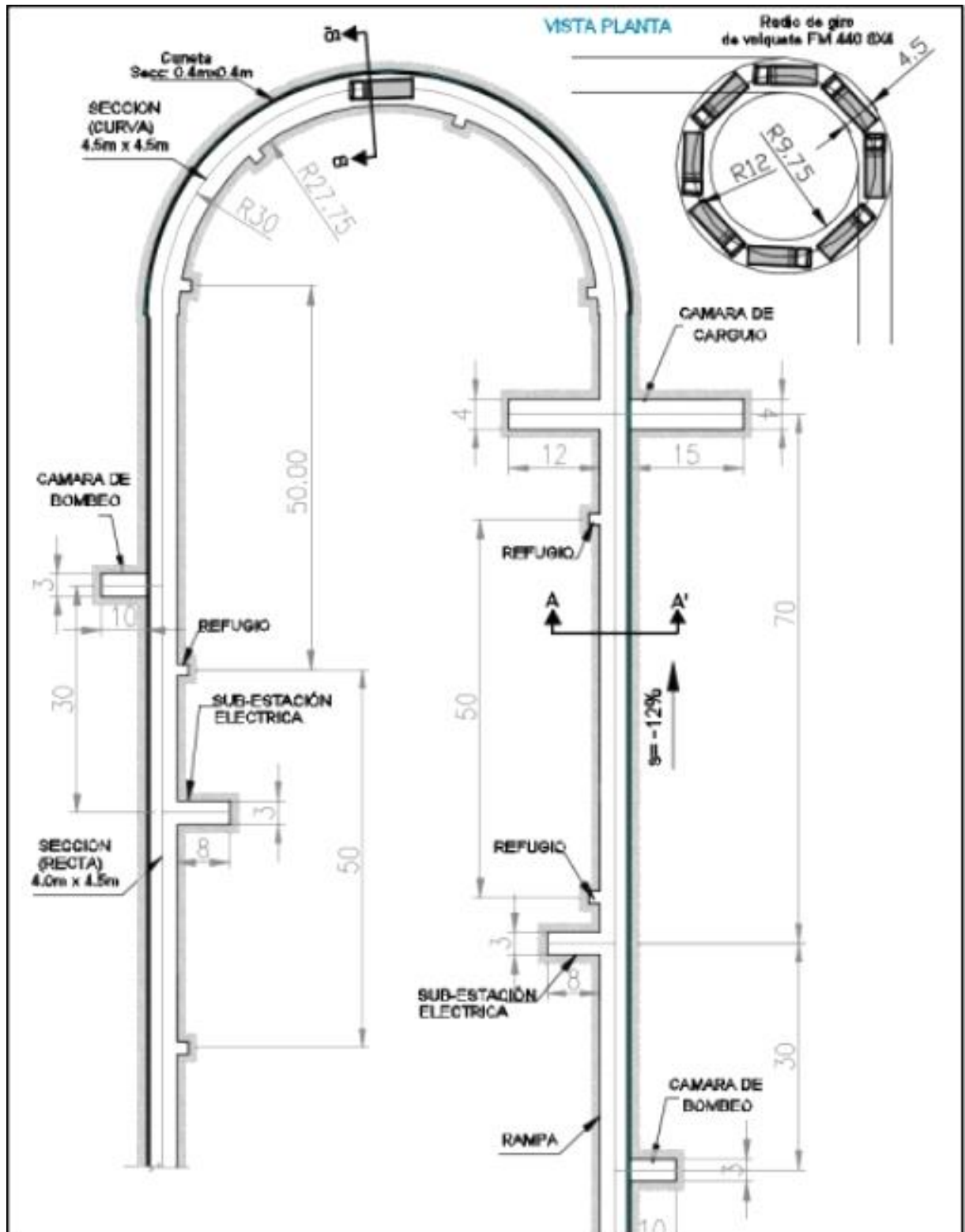
Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Figura 17. Rampa de sección 4.5m x 4.5m.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Figura 18. Vista en Planta de la Rampa.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA.

Registros, controles y documentación:

- Recomendación y estudio geomecánico.
- Estimación del tipo de sostenimiento de acuerdo a la calidad del macizo rocoso.
- Cámara para sub-estación eléctrica.
- Señalización de tuberías y código de colores, check list de inspección diaria de labores.

Revisión y mejoramiento continuo:

- La revisión se realizará cuando sea necesario, según el Procedimiento General de Información Documentada.

4.4. Diseño de la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick.

4.4.1. Control de voladura semanal

Tabla 7. Cuadro de control de sobrerotura.

| Parametro Rendimientos | Unidad | Valor |
|---------------------------|--------------------|-------|
| Peso específico | Ton/m ³ | 2.80 |
| Eficiencia perforación | % | 0.90 |
| Eficiencia voladura | % | 0.90 |
| Sección | m ² | 16.00 |
| Avance de perforación 13' | mt | 3.57 |
| Avance de perforación 14' | mt | 3.84 |

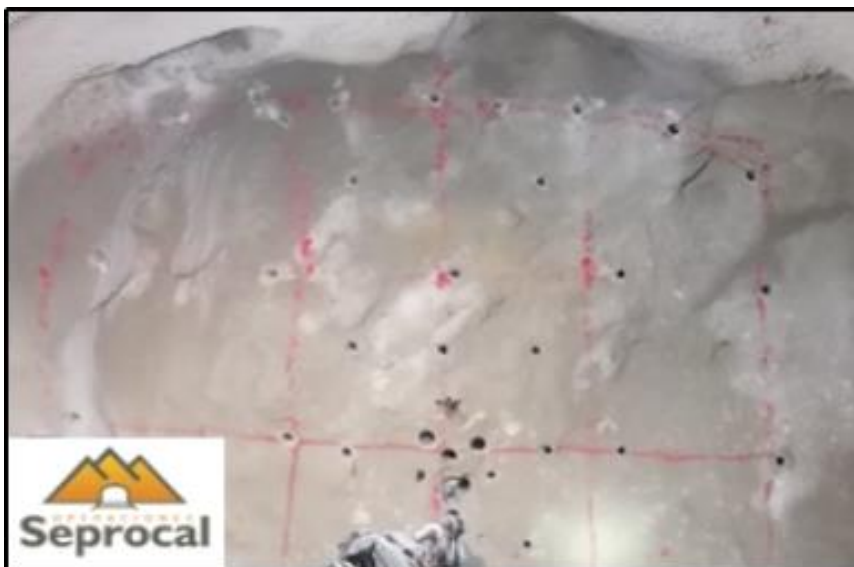
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Controles - Malla de perforación día 11/10/2022 Turno Día.

| MATERIALES | lunes | |
|--|------------|-------|
| | 11-oct.-21 | |
| | DIA | NOCHE |
| DINAMITA EXADIT AL 45% DE 7/8" X 7" | 36 | |
| DINAMITA SEMEXA AL 65% DE 1 1/8" X 7". | 280 | |
| GELATINA ESPECIAL 75% 1 1/8" X 8 " | 280 | |
| CORDON DETONANTE 5 P (CAJA X 1500 MTS) | 40 | |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Controles - Malla de perforación día 11/10/2022 Turno Día.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Controles - Malla de perforación día 11/10/2021 Turno noche.

| MATERIALES | martes | |
|--|------------|-------|
| | 12-oct.-21 | |
| | DIA | NOCHE |
| DINAMITA EXADIT AL 45% DE 7/8" X 7" | 50 | |
| DINAMITA SEMEXA AL 65% DE 1 1/8" X 7". | 200 | |
| GELATINA ESPECIAL 75% 1 1/8" X 8 " | 400 | |
| CORDON DETONANTE 5 P (CAJA X 1500 MTS) | 40 | |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Controles - Malla de perforación día 12/10/2022 Turno noche.

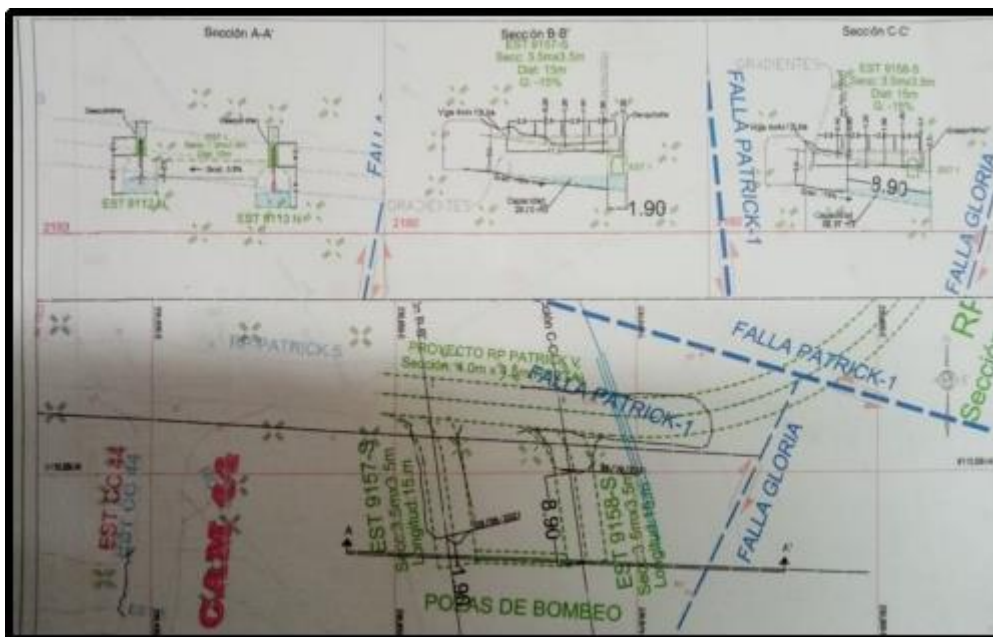


Fuente: Elaboración propia.

Labor: RP PATRICK V
Nivel: 2170
Zona: Valeria V

OBJETIVO: Pozas de bombeo

Figura 21. Ubicación de las pozas de bombeo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Perforación en el frente de la rampa Patrick.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Sección de la Rampa Patrick.



Fuente: Elaboración propia.

4.5. Discusión de resultados

- La litología de diferentes tipos de rocas, como diorita, granito, granodiorita, microdiorita y tonalita, junto con el rango de valores del índice RMR (Rock Mass Rating) asociados a cada una. Además, se indica la calidad de la masa rocosa correspondiente a cada tipo de roca, clasificada en las categorías IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA.
- El sostenimiento aplicado es de acuerdo a las evaluaciones geomecánicas del terreno, dependiendo al comportamiento del macizo en niveles inferiores se aplicará sostenimiento distinto de acuerdo a la evaluación.
- Diariamente se realiza el mapeo Geomecánico junto al área correspondiente, verificando la calidad del terreno y las condiciones para el avance con el sostenimiento adecuado
- Se tiene un control muy minucioso durante la excavación y durante las voladuras a fin de evitar mayor impacto en el contorno de la excavación y así evitar los derrumbes o realces que nos genera demora en el proceso operativo.
- Las labores auxiliares a la rampa son ejecutadas de acuerdo a los estándares de MARSA y cumpliendo el diseño entregado por el área de ingeniería y planeamiento
- Las valorizaciones a fin de mes, levantamiento de observaciones, así como el seguimiento del control de costos y presupuesto asignado se lleva a cabo en conjunto con el área de costos y productividad de la empresa en MARSA, a fin de lograr una eficiente gestión de recursos.

- Al momento se sigue continuando los trabajos en la ejecución del proyecto de profundización cumpliendo el plan de trabajo, y proyectados a dar inicio en el mediano plazo a la explotación de las reservas.

4.6. Aportes del tesista

Se aporato con realizar un estudio de diseño detallado para la profundización de la Rampa Patrick, identificando variables operacionales clave y proponiendo estrategias para optimizar la extracción de reservas minerales, extendiendo la vida útil de la mina y maximizando la eficiencia de producción.

CONCLUSIONES.

1. La litología de diferentes tipos de rocas, como diorita, granito, granodiorita, microdiorita y tonalita, junto con el rango de valores del índice RMR (Rock Mass Rating) asociados a cada una. Además, se indica la calidad de la masa rocosa correspondiente a cada tipo de roca, clasificada en las categorías IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA.
2. La construcción de la Rampa Patrick, ha generado una redistribución de esfuerzos en el macizo rocoso, y se ha evaluado su comportamiento de acuerdo a los parámetros de diseño establecidos en MARSAS. La recopilación continua de datos en los mapeos geomecánicos - estructurales realizados por el Departamento Geomecánica de MARSAS ha permitido una mejor estimación de los parámetros geomecánicos. En cuanto al mapeo estructural, se han identificado cuatro sistemas principales de discontinuidades, siendo el más predominante aquel con una dirección de buzamiento promedio de 257 y un buzamiento de 57° hacia el suroeste. Además, se ha observado un sistema de fallamientos predominante paralelo a la orientación y buzamiento de la mineralización, así como otro sistema paralelo pero con dirección de buzamiento opuesta, lo que tiene un efecto desfavorable en la formación de bloques tipo cuña en la corona de la mina.
3. El sistema de clasificación Geomecánica ha revelado una amplia gama de valores de calidad de roca en diferentes dominios litológicos, que van desde roca buena hasta roca muy mala. Las condiciones de roca mala se han generado debido a fallamientos y alteraciones dentro del halo de alteración de la mineralización. Los dominios estructurales se han definido en función de la calidad del terreno, no en relación a otros aspectos litológicos. Se observa una presencia predominante de ambientes

húmedos y mojados en los afloramientos rocosos en el interior de la mina, siendo este último de mayor importancia para la estabilidad. El análisis estructural ha evidenciado la formación de bloques de diferentes dimensiones cuando se avanza en dirección paralela a las estructuras mineralizadas. A pesar de esto, por razones técnicas, es necesario tomar estas direcciones y el control de estos bloques de roca se debe realizar en base al estándar de sostenimiento asociado a la calidad de roca y con la supervisión del área de Geomecánica.

4. Del análisis de los métodos de explotación, de acuerdo a las simulaciones realizadas, los parámetros de diseño han sido dimensionados considerando las condiciones más desfavorables del estado tensional y calidad de masa rocosa, de esa manera, se demuestra la funcionalidad de las excavaciones con Factores de seguridad por encima del mínimo establecido.
5. Se utilizó un sistema de minado sin rieles (trackless) para el avance, con el objetivo de brindar flexibilidad a la operación y cumplir con el plan de producción mensual. Esta decisión se tomó debido a que el proyecto de profundización no era independiente en términos de equipos y materiales. Además, se utilizaron equipos de minería convencional para trabajos de menor escala.
6. Se pudo establecer una malla de perforación óptima considerando el número de taladros necesarios para una roca de baja calidad. Además, se realizó un ajuste tomando en cuenta la influencia de los taladros según el tipo de roca y el diseño de voladura. Esto permitió lograr un avance promedio de 3.14 metros lineales por turno, superando en más del 10% lo proyectado en el plan mensual.

7. Se determino una ruta de escape para la rampa 0388 cumpliendo los estándares en diseño y marco legislativo acondicionando las chimeneas como doble uso, tanto como una vía de escape, así como también para ventilación.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con la recopilación diaria de datos Geomecánicos básicos, lo cual permitirá ajustar el modelo Geomecánico.
2. Cumplimiento de los parámetros de diseño de los métodos de explotación, para mantener condiciones de estabilidad favorables.
3. Las inspecciones Geomecánicas diarias de las labores son necesaria para garantizar la estabilidad de las diferentes excavaciones basadas en criterios Geomecánico definidos por el Dpto. de Geomecánica de MARSA.
4. Para la ejecución de labores de esta sección y dada la necesidad de obtener el mayor avance y eficiente posible es recomendable realizar la selección del personal con mayor experiencia y más capacitado en las tareas que se les asigne ya que el cumplimiento de los objetivos dependerá directamente de la calidad del trabajo realizado.
5. Realizar un seguimiento y control a los procesos unitarios por parte de la supervisión desde la evaluación post voladura de la guardia anterior hasta el amarre y voladura del ciclo actual para asegurar un eficiente trabajo, así mismo el control de estándares y PETS según dispone el D.S. 024-216 Y su modificatorio D.S. 023-2017.
6. Se recomienda realizar el sostenimiento mecanizado, puesto que el tiempo que se reduce entre la limpieza del piso de sostenimiento y el raspado de frente es influyente en el cumplimiento del ciclo en el total de la guardia y retrasa el cumplimiento de otros trabajos. Solo se debe usar sostenimiento convencional cuando el equipo sostenedor este inoperativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aquino Quispe, S. (2019). *Diseño y construcción de la Rampa 440, para explorar e incrementar las reservas minables y su posterior extracción en Cía. minera MACDESA SAC*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Facultad de Geología, Geofísica y Minas. Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. .
- Berroa Suarez, E. (2016). *Optimización de las operaciones mineras mediante la profundización de la rampa negativa entre los niveles 2900-2650 Vankar EIRL SAC. Minera Aurifera Retamas S.A*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3061>. Arequipa, Peru.
- Cáceres Navarro, J. (2019). *Optimización de costos de ventilación mecánica en el diseño del sistema de ventilación del Nivel 2270 Unidad Minera San Andrés – Marsa*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano De Puno]. Recuperado de <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/14867>. Puno, Perú. .
- Carreño, C. (2021). *Diseño y planificación de una rampa de comunicación entre el nivel 2446 y el nivel 2387 en veta encuentro. Mina Farallón Negro*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Catamarca]. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Departamento de Minas. Recuperado de <http://repositorios.tecno.unca.edu.ar:8080/xmlui/handle/RIAAFTYCAUNCA/255>. Argentina. .
- Departamento de Geología Mina MARSAS. (2021). *Informe geológico de la mina el Gigante*. Parcoy, Perú.
- Galan Garcia, L. (2021). *Optimización de los costos de sostenimiento empleando Shotcrete vía seca en roca tipo IV A, en el XC 9209-SE, del NV. 3175 de la compañía minera*

- Aurifera Retamas S.A. - MARSÁ – 2020.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4780>. Huaraz, Peru. .
- Gómez Mendoza, S. (2021). *Diseño y construcción de la rampa Yumpag para la optimización de las operaciones mineras, compañía de minas Buenaventura, Región de Pasco.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Disponible en https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5652/253T20210042_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Cusco, Perú. .
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. . (2006). *Metodología de la Investigación.* Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición. México.
- Lazo Leandro, B. (2020). *Diseño conceptual de la rampa basculante 2518 para la extracción de la veta victoria tensional del tajo 2453, NV. 2300 de la unidad minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S. A.* [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8524/4/IV_FIN_110_TE_Lazo_Leandro_2020.pdf. Huancayo, Perú. .
- Luciano Lazaro, C. (2019). *Diseño de la malla de perforación y voladura, aplicando el método Holmberg para optimizar costos en la construcción de la Rampa (+) 995 de la Cía.. AC. Agregados S.A.C. – 2018.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia. Escuela de Ingeniería de Minas. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3360>. Huaraz, Perú. .

Polo Chacón, R. (2017). *Evaluación del método de explotación y control de la altura de minado según las condiciones geomecánicas de la veta Daniela en la empresa especializada Comiluz SAC de Marsa.* . [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Tujillo]. Recuperado de [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9571/POLO %20CHAC%C3 % 93N % 2C % 20 Rober.pdf? sequence =1&is Allowed =y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9571/POLO%20CHAC%C3%93N%20Rober.pdf?sequence=1&isAllowed=y), Trujillo, Perú.

Vela Portocarrero, N. (2020). *Proyecto de profundización de la mina Coturcan para el incremento de reservas mediante la Rampa 0388 Compañía Minera Lincuna - U.E.A. Huancapetí.* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Facultad de Geología, Geofísica y Minas Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. Arequipa, Perú. .

ANEXOS



ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIAS

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | POBLACIÓN Y MUESTRA |
|--|--|--|--|---|
| Problema general | Objetivo general | Hipótesis General | Variable Independiente | Población |
| ¿Cómo diseñar y construir la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022? | Desarrollar la profundización de la Rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022. | La profundización de la Rampa Patrick servirá para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022. | Profundización de la Rampa Patrick. | La población que será considerada para el estudio es la unidad minera Aurífera Retamas S.A., en el año 2022. |
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Hipótesis General | Variable Dependiente | Muestra |
| ¿Cuáles son las condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick? | Determinar las condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick. | Se determinaría las condiciones geológicas y geomecánicas para la profundización de la mina mediante la Rampa Patrick. | Incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022. | La muestra que se tomó para realizar la investigación de la presente tesis es el desarrollo de la Rampa Patrick de sección 4 m x 4.5 m. |
| ¿Como desarrollar el proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción? | Desarrollar el proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción. | Se desarrollaría el proceso de construcción de Rampa Patrick, para dar acceso a las reservas existentes y su posterior extracción. | | |

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <p>¿Como diseñar la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick?</p> | <p>Diseñar la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick.</p> | <p>Se diseñaría la malla de perforación y voladura de la Rampa Patrick.</p> | | |
|--|--|---|--|--|

Fuente: Elaboración propia.



ANEXO 2. PLANO GEOLOGICO REGIONAL

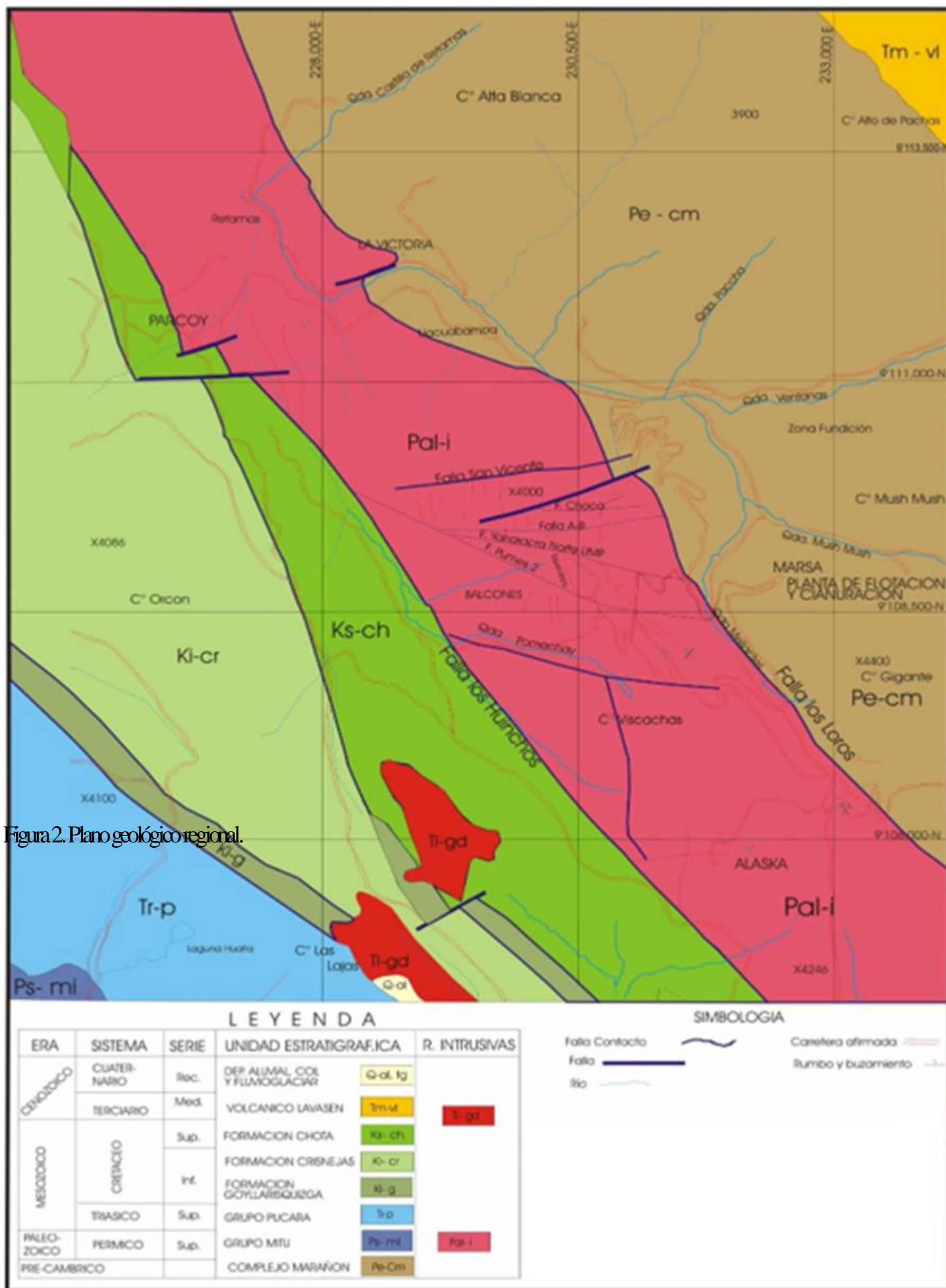
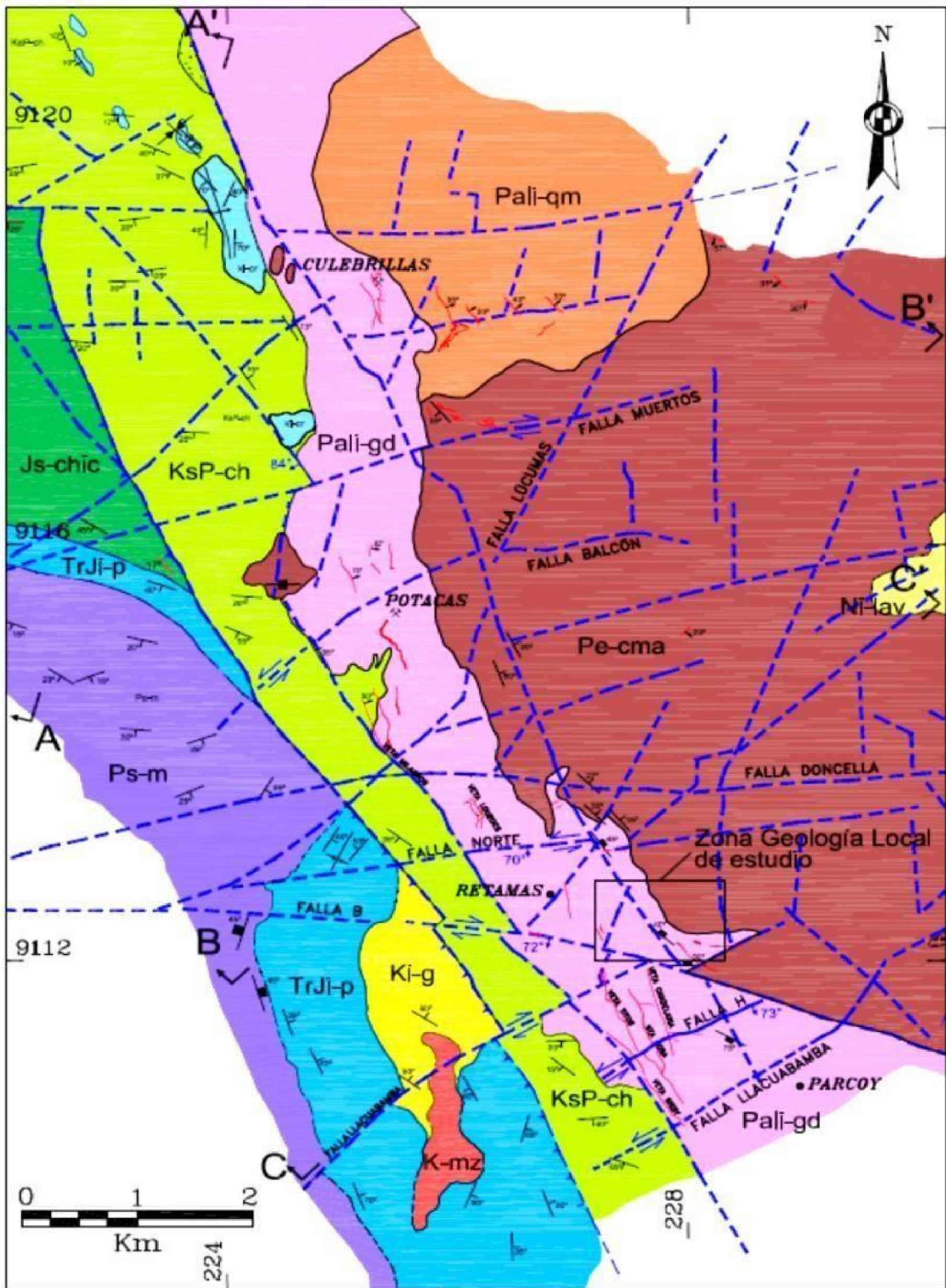


Figura 2. Plano geológico regional.

Fuente: Administración mina, citado por Leonardo Joel Galan Garcia, 2021.

ANEXO3. PLANOGEOLOGICOLOCAL

Figura2. Plano geológico Local.



Fuente: Departamento de Geología Mina MARSA, citado por Leonardo Joel Galan Garcia, 2021.