

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PLANIFICACIÓN MINERA A MEDIANO PLAZO EMPLEANDO EL
SOFTWARE MINERO RECMIN EN LA EMPRESA CANTERAS DEL
DISTRITO CAPITAL S.A**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Edgardo J. González R
Para optar al título de Ingeniero de Minas

Caracas, mayo 2024

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PLANIFICACIÓN MINERA A MEDIANO PLAZO EMPLEANDO EL
SOFTWARE MINERO RECMIN EN LA EMPRESA CANTERAS DEL
DISTRITO CAPITAL S.A**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Edgardy J. González R

Tutor Académico: Prof. José Luis de Abreu

Cotutor Académico: Prof. José Hernández

Caracas, mayo 2024

Caracas, julio de 2024

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller titulado:

“PLANIFICACIÓN MINERA A MEDIANO PLAZO EMPLEANDO EL SOFTWARE MINERO RECMIN EN LA EMPRESA CANTERAS DEL DISTRITO CAPITAL S.A”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Minas, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Marianne Garrido
Jurado



Prof. María Labrador
Jurado



Prof. José Luis De Abreu
Jurado / Tutor Académico



Prof. José G. Hernández
Cotutor Académico

DEDICATORIA

A quienes iluminaron mi camino:

Con inmensa gratitud, dedico esta tesis a:

Mis padres, por su amor y apoyo incondicional.

Mis hermanas, por su confianza y motivación.

A la vida, por sus lecciones y oportunidades

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincera gratitud a Dios Todopoderoso, cuya fortaleza me ha sostenido en momentos de duda y desánimo, permitiéndome seguir adelante.

A la Universidad Central de Venezuela, que ha sido un faro de sabiduría en mi camino, agradezco su apoyo y orientación.

Mi corazón se llena de gratitud hacia mis padres, María Rosales y José González, que desde el principio me dotaron de amor y principios sólidos fundamentales en mi vida. A mis hermanas, Norsy y Melody, y a la Sra. Filia, por su constante compañía, que ha sido un faro de luz en mi existencia.

Agradezco especialmente a los profesores del Departamento de Minas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, cuyo apoyo ha sido fundamental en mi formación.

Un agradecimiento especial a los profesores Alba Castillo, Katherine Silva, Aurora Piña, Miguel Castillejo y Diego Marchán, por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de esta investigación.

Estoy profundamente agradecido con mis tutores académicos, el Prof. José Luis de Abreu y el Prof. José Gregorio Hernández, por sus conocimientos impartidos y por el apoyo en la culminación de esta investigación.

Agradezco a mi amiga, compañera de trabajo y de estudio, la Ing. Idalys Estee, por su amistad inquebrantable y su apoyo en las horas de alegría y adversidad.

A la empresa Canteras del Distrito Capital, les agradezco la oportunidad de llevar a cabo esta investigación en sus instalaciones, y al personal de la Gerencia de Minas, cuyo respaldo fue fundamental. En particular, expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutor industrial, Rubén Rodríguez, y a mis compañeros de lubricación, por su generosidad y camaradería.

Culminar esta investigación ha sido un viaje lleno de retos y satisfacciones. He aprendido valiosas lecciones sobre el trabajo en equipo, la perseverancia y la importancia de la investigación científica. Agradezco profundamente a todos aquellos que han formado parte de este camino, y me llevo conmigo los recuerdos y las enseñanzas que me acompañarán en el futuro.

Edgardy J. González R

**PLANIFICACIÓN MINERA A MEDIANO PLAZO EMPLEANDO EL
SOFTWARE MINERO RECMIN EN LA EMPRESA CANTERAS DEL
DISTRITO CAPITAL S.A**

Tutora Académica: José Luis De Abreu

Cotutor Académico: Prof: José Hernández

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y
Geofísica.
Departamento de Minas. Año 2024**

Palabras Claves: Planificación minera, agregado, Macizo Rocoso, secuencia explosión.

Resumen. Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal elaborar un plan minero a mediano plazo, empleando el Software Minero Recmin V 7.03, en los frentes 5 y 6 de Mina 2 de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A. Esta iniciativa surge ante la problemática que enfrenta la empresa, relacionada con la ausencia de una planificación minera adecuada, lo que ocasiona que la actividad extractiva no se realice de manera racional y no se aprovechen de forma óptima los recursos minerales. La metodología empleada en esta investigación se dividió en cuatro etapas principales: Trabajo de Campo, Ensayos, Caracterización del Macizo Rocoso y Trabajo de Oficina. En la primera etapa, se realizaron visitas al área de estudio para obtener muestras representativas de roca, describir las estructuras geológicas, determinar el RQD y realizar el levantamiento topográfico. En la segunda etapa, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio, como análisis granulométricos y ensayos mecánicos de compresión simple y tracción indirecta. La tercera etapa se enfocó en la caracterización geomecánica del macizo rocoso, utilizando el índice RMR de Bieniawski. Finalmente, en la cuarta etapa, se procesaron y analizaron los datos obtenidos, se evaluó el comportamiento del mercado y la demanda de agregados, Entre las principales conclusiones del estudio, se destaca que el macizo rocoso se clasifica como de buena calidad, con un RMR básico de 72 y 68, se detallaron las condiciones operativas de los equipos y plantas, y se modeló el diseño de los frentes de explotación. Se describió el avance y la secuencia de minado que permita la extracción de los niveles 5 y 6. Por lo antes expuesto se espera que este estudio brinde a la empresa un plan minero a mediano plazo, que le permitirá aumentar su producción de agregados y satisfacer la demanda actual del Distrito Capital.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	- 1 -
CAPÍTULO I.....	- 3 -
1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	- 3 -
1.1 Planteamiento del problema	- 3 -
1.2 Objetivo de la investigación.....	- 4 -
1.2.1 Objetivo General	- 4 -
1.2.2 Objetivos específicos	- 4 -
1.3 Justificación de la investigación.....	- 4 -
1.4 Alcances y Limitaciones	- 5 -
CAPÍTULO II	- 6 -
2. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	- 6 -
2.1 Ubicación Geográfica y acceso del Área de Estudio.....	- 6 -
Ubicación y acceso.....	- 6 -
2.2 Marco geológico.....	- 7 -
Geología regional	- 7 -
Geología estructural	- 11 -
2.3 Descripción General del Ámbito Físico- Natural de la Zona de Estudio - 13 -	
Topografía	- 13 -
Hidrología	- 13 -
Vegetación.....	- 13 -
Temperatura y humedad relativa media.....	- 14 -
Precipitaciones	- 14 -
2.4 Descripción General de la Empresa Cantera del Distrito Capital S. A. .. - 15 -	
Proceso Productivo de la Cantera	- 18 -
Proceso de Beneficio Mineral	- 19 -
Planta de Trituración II	- 19 -
Planta de Trituración III.....	- 20 -

CAPÍTULO III.....	- 23 -
3. MARCO TEÓRICO.....	- 23 -
3.1. Antecedentes de la Investigación.....	- 23 -
3.2. Bases Teóricas:.....	- 25 -
Aspectos a considerar en la clasificación de un macizo	- 25 -
Caracterización del diaclasamiento del macizo rocoso.....	- 26 -
Estado de conservación de la roca	- 30 -
Métodos de caracterización de macizo rocoso.....	- 31 -
Clasificación RMR o rango de valoración de la roca	- 32 -
Criterio de Hoek-Brown.....	- 33 -
Estudio de Mercado.....	- 36 -
Objetivos del Estudio de Mercado	- 36 -
Planificación Minera	- 37 -
Diseño de minas a cielo abierto	- 38 -
Parámetros geométricos que configuran una explotación de minería a cielo abierto	- 38 -
Bermas.....	- 40 -
Pistas y RaMPas.....	- 41 -
Equipos mineros.....	- 43 -
Software RecMin free (Recursos Mineros).	- 45 -
Variables controlables de perforación y voladura.....	- 47 -
Retiro.....	- 47 -
Espaciamiento	- 47 -
Sobre perforación	- 48 -
Taco.....	- 48 -
CAPÍTULO IV.....	- 51 -
4. MARCO METODOLÓGICO.....	- 51 -
4.1 Tipo de Investigación.....	- 51 -
4.2 Diseño de la Investigación	- 51 -

4.3 Población y Muestra.....	- 51 -
4.4 Métodos y Herramientas de Recolección de Datos.....	- 51 -
Métodos.....	- 51 -
Herramientas	- 52 -
Esquema metodológico	- 53 -
Descripción de la Metodología de la Investigación:	- 54 -
Etapa I: Trabajo de Campo	- 54 -
Etapa II: Ensayos.....	- 55 -
Etapa III: Caracterización del Macizo Rocoso.....	- 57 -
Etapa IV: Trabajo de Oficina	- 58 -
CAPÍTULO V	- 60 -
5. resultado y analisis	- 60 -
5.1 Característica Mecánico-Estructurales del Macizo Rocoso en los Frentes de Explotación 5 y 6 De Mina 2	- 60 -
Descripción del afloramiento	- 60 -
Zonificación del área de estudio	- 62 -
Evaluación de las discontinuidades.....	- 63 -
Propiedades Mecánicas de la Roca que Conforman el Macizo Rocoso.	- 72 -
Resistencia a compresión	- 72 -
Resistencia a tracción.....	- 76 -
Clasificación Geomecánica del Macizo Rocoso	- 78 -
Índice de calidad de la roca “RQD”.....	- 78 -
Tamaño promedio de bloque.....	- 79 -
Valoración de la masa rocosa por el índice “RMR” (1989).....	- 81 -
Valoración Total del Macizo.....	- 83 -
Estimación del Comportamiento Geomecánico del Macizo	- 86 -
5.2 Comportamiento del mercado para estimar la demanda de agregados que presenta actualmente la empresa.	- 88 -
Ficha Técnica de los productos.	- 88 -

Empresas que general productos similares	- 90 -
Cartera de clientes	- 93 -
Demanda de producto	- 93 -
5.3 Disponibilidad y Condiciones Operativas de los Equipos Móviles y de las Plantas	- 93 -
Inspección técnica a la flota de maquinaria (Equipos móviles).....	- 94 -
Disponibilidad Actual de los equipos móviles.....	- 97 -
Condiciones operativas de las plantas.....	- 99 -
5.4 Parámetros geométricos para diseño de los frentes de explotación 5 y 6 de Mina II.....	- 104 -
Parámetros geométricos	- 104 -
Observaciones de los parámetros geométricos	- 110 -
5.5 Estimación de los parámetros variables de perforación y voladura	- 112 -
Medidas necesarias para el cálculos de los parámetros de perforación y voladura-	112 -
Parámetros de Voladura Estimados	- 113 -
Tiempo de ciclo estimado	- 117 -
Capacidad Productiva según equipos móviles	- 118 -
Volumen estimado para la planificación.....	- 119 -
5.6 Plan de avance y secuencia de frentes de explotación 5 y 6 de la Mina 2.-	120 -
Estimación de los volúmenes	- 121 -
Descripción de secuencia y avances del área de estudio.....	- 122 -
Modelos 3D del avance en los niveles 5 y6	- 123 -
Conclusiones	127
Recomendaciones.....	130
BIBLIOGRAFÍA	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	- 6 -
Figura 2. Extensión geográfica de la Fase Antímamo (Léxico Estratigráfico de Venezuela).....	- 7 -
Figura 3. Esquema general de secuencia estratigráfica de Mina II.....	- 11 -
Figura 4. Sistema paralelo de diaclasa presentes en el macizo rocoso.	- 12 -
Figura 5. Variaciones de humedad y temperatura en la Hacienda Mamera.....	- 14 -
Figura 6. Precipitaciones en la Hacienda Mamera.....	- 15 -
Figura 7. Organigrama de la empresa.	- 17 -
Figura 8. Ubicación geográfica de los frentes de explotación	- 18 -
Figura 9. Proceso productivo de Cantera del Distrito Capital S.A	- 19 -
Figura 10. Diagrama de Planta de Trituración II.	- 20 -
Figura 11. . Diagrama de Planta de Trituración II	- 22 -
Figura 12. Efecto escala en un macizo rocoso.	- 25 -
Figura 13. Representación esquemática de las propiedades geométricas de las discontinuidades.....	- 26 -
Figura 14. Dirección de las discontinuidades.	- 27 -
Figura 15. Continuidad superficies estudiadas en los afloramientos.	- 28 -
Figura 16. Apertura de las discontinuidades.	- 29 -
Figura 17. Representación gráfica del relleno de las discontinuidades	- 29 -
Figura 18. Envoltentes de rotura del criterio de Hoek y Brown	- 35 -
Figura 19. Ancho de trabajo.....	- 40 -
Figura 20: Cargador frontal de ruedas.	- 44 -
Figura 21. Camión roquero articulado	- 44 -

Figura 22. Motoniveladora.....	- 45 -
Figura 23. Camión cisterna.	- 45 -
Figura 24. RecMin Free (Recursos Mineros).....	- 46 -
Figura 25. Esquema metodológico.....	- 54 -
Figura 26. Extracción y corte de las muestras.....	- 56 -
Figura 27. Rotulado de muestras para ensayo a la Compresión Simple.	- 56 -
Figura 28. Pulido de muestra para ensayo de compresión Uniaxial	- 57 -
Figura 29. Frentes de estudio pertenecientes al afloramiento de la Mina 2.	- 61 -
Figura 30. División por zona del frente del afloramiento principal de la Mina 2..	- 63 -
Figura 31. Principales familia de discontinuidades pertenecientes al Nivel 5.	- 65 -
Figura 32. Principales familias de discontinuidades pertenecientes al Nivel 6.	- 65 -
Figura 33. Familia de diaclasas D1 del Nivel 5 Mina 2.....	- 66 -
Figura 34. Familia de diaclasas D1 (Color rojo) y D2 (Color amarillo) del Nivel 6 Mina 2.....	- 67 -
Figura 35. Categoría Escalonada Rugosa para las familias de discontinuidades presentes en la Zona A de acuerdo a ISRM (1981).	- 68 -
Figura 36. Abertura en las discontinuidades estudiadas (D3).....	- 70 -
Figura 37. Resultado del ensayo a la Compresión Simple muestra 2653-6.....	- 76 -
Figura 38. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta para la muestra 2653-3..	- 78 -
Figura 39. Comportamiento Geomecánico del macizo rocoso	- 87 -
Figura 40. Ficha Técnica de agregados gruesos.....	- 89 -
Figura 41. Ficha Técnica de agregados finos.....	- 90 -
Figura 42. Ubicación relativa de Cantera del Distrito Capital y de los principales competidores.	- 92 -

Figura 43. Ficha Técnica de la Perforadora Tamrock.....	- 95 -
Figura 44. Ficha Técnica de la excavadora Liebherr.	- 95 -
Figura 45. Ficha Técnica del cargador frontal Caterpillar.	- 96 -
Figura 46. Ficha Técnica de camión articulado BELL B40D.....	- 97 -
Figura 47. Técnica del camión cisterna Internacional.	- 97 -
Figura 48. Condiciones actuales de funcionamiento de los equipos que integran la Planta de Trituración II	- 99 -
Figura 49. Condiciones actuales de funcionamiento de los equipos que integran la Planta de Trituración II	- 100 -
Figura 50. Circuito con la capacidad instalada de planta II.	- 101 -
Figura 51. Circuito para la obtención de arena lavada.....	- 102 -
Figura 52. Configuración de trabajo de los equipos en Cantera de Distrito C.A. -	105 -
Figura 53. Configuración de los parámetros geométricos en el área de trabajo. .	- 107 -
Figura 54. Ubicaciones de los dos tipos de vías en el área de estudio.	- 108 -
Figura 55. Modelo general del diseño de las vías de uno y dos canales.	- 109 -
Figura 56. Actualización topográfica de la zona de estudio.	- 111 -
Figura 57. Vista 3d de fosa, sector Norte y Medio de Mina 2, presenciando los 7 niveles de explotación actual.....	- 112 -
Figura 58. Esquema de perforación tresbolillo en banco.....	- 115 -
Figura 59. Rendimiento de tracción del camión BELL B40D en la vía.	- 116 -
Figura 60. Rendimiento del camión BELL B40D en la vía descendiendo.	- 117 -
Figura 61. Estimación del volumen total de los niveles 5 y 6.....	- 121 -
Figura 62. Vista de perfil secuencia de extracción de los niveles 5 y 6.....	- 122 -
Figura 63. Vista 3D del avance de los niveles 5 y 6.	- 124 -

Figura 64. Perfil de rugosidad según el ISRM (1981).	138
Figura 65. Envolvente de falla del macizo rocoso a través de resultados UCS paralelos-Brasileiro.	140
Figura 66. Envolvente de falla del macizo rocoso a través de resultados UCS perpendiculares- Brasileiro.	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. . Clasificación de Rocas Meteorizadas, Tomada de Abril (2010).	- 31 -
Tabla 2. Métodos de clasificación de macizos rocosos, Vladimir (2013).	- 31 -
Tabla 3. Diseño de Berma.....	- 40 -
Tabla 4. Relación de taco Vs resistencia a la compresión de la roca.....	- 48 -
Tabla 5. Sistemas de discontinuidades identificados en el área de estudio.	- 64 -
Tabla 6. Rugosidad en las discontinuidades de los frentes 5 y 6 de mina 2	- 68 -
Tabla 7. Continuidad de las familias de discontinuidades identificada en la Zona de estudio	- 69 -
Tabla 8. Se presentan los valores de resistencia a la compresión obtenidos para las muestras ensayadas.	- 73 -
Tabla 9. Resultados obtenidos del ensayo resistencia a tracción.	- 77 -
Tabla 10. Estimación de índice de calidad de la roca “RQD”	- 79 -
Tabla 11. Estimación del tamaño de los bloques	- 80 -
Tabla 12. Valoración de las Características que presentan las discontinuidades de la Zona A.....	- 82 -
Tabla 13 Valoración de las Características que presentan las discontinuidades de la Zona B.....	- 83 -
Tabla 14 Valoración total del macizo (Zona A).....	- 84 -
Tabla 15 Valoración total del macizo (Zona b)	- 84 -
Tabla 16. Principales competidores que cubren el área el Distrito Capital.	- 91 -
Tabla 17. Cartera de clientes frecuentes.	- 93 -
Tabla 18. Comercialización mensual de Cantera Distrito Capital (2023).	- 93 -

Tabla 19. Evaluación de las condiciones actuales de la flota de maquinarias de Canteras Distrito Capital.....	- 98 -
Tabla 20. Producción de Planta II y Planta III en el año 2023.....	- 104 -
Tabla 21. Principales dimensiones los equipos que operan en los frentes de explotación.	- 106 -
Tabla 22. Parámetros geométricos para los bancos de explotación.	- 106 -
Tabla 23. Parámetros para el diseño geométrico de las vías.....	- 108 -
Tabla 24. Parámetros para el diseño de las vías (distancia).....	- 110 -
Tabla 25. Medidas necesarias para el cálculos de los parámetros de perforación y voladura.....	- 113 -
Tabla 26. Descripción de los parámetros de perforación y voladura propuestos.	- 114 -
Tabla 27. Tiempo de ciclo estimado para el ciclo de acarreo.	- 118 -
Tabla 28. Capacidad Productiva de la empresa según la configuración de trabajo.-	119 -
-	
Tabla 29. CoMParación de la demanda Vs Capacidad Productiva Teórica y la Producción en plata.	- 119 -
Tabla 30. Conversión volumétrica.	- 120 -
Tabla 31. Cantidad de material explosivo requerido para una producción	- 120 -
Tabla 32. Volumen por voladura y cantidad de explosivos y accesorios necesarios para remover los niveles 5 y 6.	126 -
Tabla 34. Clasificación geomecánica RMR Beniaowski (1989).	136 -
Tabla 35 Clasificación geomecánica RMR de Beniaowski (1989)	136 -
Tabla 36 Descripción del espaciado según el ISRM (1981).	137 -
Tabla 37 Descripción de la continuidad según el ISRM (1981).	137 -
Tabla 38. Descripción de la abertura según el ISRM (1981).....	137 -

Tabla 39 Resistencia de la roca sana según el ISRM (1981).	139 -
Tabla 40 Descripción del tamaño promedio de bloque en función del número de discontinuidades según el ISRM (1981)	139 -
Tabla 41 Valoración de las características de las discontinuidades	139 -

INTRODUCCIÓN

Canteras del Distrito Capital es una empresa perteneciente al Gobierno del Distrito Capital que desarrolla sus actividades en la explotación y procesamiento de agregados para la construcción, esta empresa tiene en sus instalaciones dos plantas de beneficio mineral, denominadas Planta II y Planta III, la primera genera productos que van desde polvillo, arrocillo hasta piedra de $\frac{3}{4}$ " y 1 pulgada, y la segunda produce arena lavada; para la extracción de la materia prima la empresa cuenta con dos minas, entre las cuales una de ellas Mina I se encuentra inactiva por falta de permisos ambientales, por lo que surge la necesidad realizar planes de avances frecuentes en Mina II con el fin de mantener la producción en dichos rubros que son de carácter estratégico nacional para el desarrollo de los planes de gobierno.

Actualmente, la empresa presenta poca producción debido a diversos problemas, siendo el principal la ausencia de una metodología de explotación adecuada a mediano plazo, cuyo volumen de material a extraer desde el frente de explotación no se ajusta a la demanda del mercado ni a la capacidad actual de producción, considerando los equipos móviles, Planta II y Planta III.

Para dar cumplimiento a lo antes descrito se planteó realizar una propuesta de planificación a mediano plazo en Mina II, niveles 5 y 6, empleando como herramienta innovadora el software Minero Recmin versión 7.03, para cumplir con el planeamiento se caracterizó geomecánicamente el macizo rocoso en los frentes de explotación 5 y 6 de Mina 2, se realizó un inventario de los equipos disponibles y condiciones operativas de las plantas mediante la revisión bibliográfica que presenta la Cantera, también se evaluará el comportamiento del mercado con el fin de conocer la demanda de agregados que presenta actualmente la Empresa; así mismo, se realizó el modelado de los frentes de empleando el software minero RecMin considerando los parámetros geométricos de la zona de estudio y finalmente establecer los parámetros de perforación y voladura necesarios para el avance de los mismo.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: Capítulo I, corresponde a lo

relacionado con la problemática de la investigación. En el Capítulo II, se encuentran las generalidades de la zona de estudio. En el Capítulo III, se presenta el marco teórico a fin de dar sustento a la investigación. El Capítulo IV, se describe el marco metodológico de la investigación. El Capítulo V muestra los resultados y análisis del estudio. Por último, las conclusiones y las recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema de la investigación, el objetivo general y los objetivos específicos que persigue la misma, se describe la justificación de la investigación, así como se exponen los alcances y las limitaciones del estudio

1.1 Planteamiento del problema

La extracción de minerales no metálicos es una actividad fundamental para el desarrollo de numerosos proyectos de obras civiles relacionados a la construcción y asfaltado. Actualmente, el Gobierno de Caracas tiene como proyectos primordiales Venezuela Bonita y el Plan de Asfaltado de Caracas a Carabobo, los cuales presentan una alta demanda de áridos.

El problema radica en que la empresa no cuenta con una planificación minera ajustada a la realidad actual, ocasionando que se realice una secuencia de extracción, donde no se garantiza la explotación adecuada del yacimiento, en tal sentido no se obtiene un aprovechamiento racional de sus recursos minerales para que les genere un mayor beneficio económico.

Sin embargo, en la actualidad, la empresa presenta poca producción debido a diversos problemas, siendo el principal la ausencia de una metodología de explotación adecuada a mediano plazo, cuyo volumen de material a extraer desde el frente de explotación no se ajusta a la demanda del mercado, en conjunto con la capacidad actual de producción, considerando los equipos móviles, Planta II y Planta III, además, que le permita extraer de forma ordenada y racional aprovechando de manera óptima el yacimiento. En tal sentido se busca elaborar un plan a mediano plazo empleando el Software Minero Recmin en los frentes 5 y 6 de Mina 2, con la finalidad de incrementar la producción de agregados y así poder satisfacer la demanda comercial.

1.2 Objetivo de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Elaborar un plan minero a mediano plazo empleando el Software Minero Recmin en los frentes 5 y 6 de Mina 2 en Canteras del Distrito Capital S.A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar geomecánicamente el macizo rocoso en los frentes de explotación 5 y 6 de Mina 2 de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A.
- Evaluar el comportamiento del mercado con el fin de conocer la demanda de agregados que presenta actualmente la empresa.
- Detallar los equipos móviles disponibles y las condiciones operativas de las plantas mediante la revisión bibliográfica disponible en la cantera.
- Modelar el diseño de los frentes de explotación 5 y 6 de Mina 2 utilizando los parámetros geométricos de la zona de estudio.
- Establecer los parámetros de perforación y voladura necesarios para el avance en los frentes 5 y 6 de Mina 2.
- Elaborar un plan de avance y secuencia de explotación a mediano plazo utilizando el Software Minero Recmin en los frentes de explotación 5 y 6 de la Mina 2.

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación tiene lugar debido a la necesidad que presenta la empresa Canteras del Distrito Capital S.A, en aumentar su producción de agregados, con el fin de abastecer la demanda que presenta actualmente el Distrito Capital motivado al desarrollo de los proyectos Venezuela Bonita y Plan de Asfaltado de Caracas a Carabobo implementados por el Gobierno Nacional.

Sin embargo, en los últimos años, la extracción mineral que lleva a cabo la empresa no

ha sido la más adecuada ya que se ha explotado el material de los frentes de forma no ordenada y no secuencial, por ende, la investigación busca elaborar un plan a mediano plazo para los frentes 5 y 6 de Mina 2, con el objetivo de garantizar una secuencia de explotación racional y ordenada del macizo rocoso y así poder aprovechar de manera óptima el yacimiento; beneficiando de esta forma, a los acreedores de estos programas de obras civiles relacionado a la construcción y asfaltado impulsados por el Gobierno Venezolano y a los compradores particulares del Distrito Capital.

El principal beneficiario de este estudio será la Gerencia de Minas, que es la encargada del control y evaluación de los planes de explotación y del área de mina pertenecientes a la Empresa Canteras del Distrito Capital S.A, en vista de que tendrá una planificación minera a mediano plazo, que le permita un correcto orden de explotación en los niveles, en búsqueda del aumento de los distintos productos comerciales y así satisfacer los requerimientos solicitados en el desarrollo de las diversas obras sociales, y los distintos planes y obras de construcción y asfaltado del Distrito Capital.

1.4 Alcances y Limitaciones

La presente investigación permitirá a la empresa disponer de una propuesta de planificación a mediano plazo en los niveles 5 y 6 de Mina II, comprendidos entre las cotas 1160-1130 msnm, para que la empresa pueda llevar un control de los avances, perforación y voladura en la extracción de material y estimar la proyección de los recursos necesarios, con el fin de cumplir con la demanda de agregados para la construcción.

La principal limitación encontrada para la realizar la investigación, es la falta de información sobre la zona de estudio, ya que no se cuenta con un estudio geológico y geotécnico actualizado y detallado que permita entre otras cosas estimar las reservas probadas y realizar un diseño de extracción de mineral que cuente con todas las especificaciones técnicas.

CAPÍTULO II

2. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

En esta sección se muestra las generalidades de la zona de estudio la cual engloba la ubicación geográfica, marco geológico y las características físicas naturales de la zona de estudio; así mismo se realiza una descripción general de la empresa con el fin de dar a conocer su proceso productivo

2.1 Ubicación Geográfica y Acceso del Área de Estudio

Ubicación y Acceso

El área de estudio corresponde a un sector localizado en la Cordillera de La Costa, ubicada en la parte norcentral de Venezuela; Distrito Capital, específicamente ubicada en las instalaciones de la empresa Canteras del Distrito Capital S.A, localizada al suroeste de la ciudad de Caracas, en la Hacienda Mamera, Parroquia Antímamo, del Municipio Libertador (Ver Figura 1). El área minera limita al Norte con terrenos de la empresa Jardín Principal, CEMPRI C.A.; al Sur con la quebrada Mamera; al Este con las filas de cerros pertenecientes a la Finca Mamera y al Oeste con la quebrada La Barandilla.

El acceso a la cantera se realiza llegando a la población de Antímamo al oeste de la ciudad de Caracas, se toma el Nuevo Distribuidor Mamera, vía a la Nueva Carretera Mamera-Junquito y aproximadamente a 1,5 kilómetros se encuentra la entrada a la empresa.



Figura 1. Ubicación del área de estudio
Tomado de: Castillo y Ledezma (2017)

2.2 Marco Geológico

En este segmento se describe la secuencia litológica y las estructuras geológicas a través de la geología regional y local que presenta la zona de estudio.

Geología Regional

El Distrito Capital cuenta con una geología compleja y heterogénea debido al emplazamiento geotectónico al cual pertenece la región; muestra estructuras: anticlinales, sinclinales y fallas, condiciones de un relieve montañoso propio de la Cordillera de la Costa. Regionalmente, el yacimiento está constituido por rocas metamórficas otorgado bajo la figura de Concesión Minera a la empresa Canteras del Distrito Capital S.A, la cual presenta afloramientos de la formación Antímamo y contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes, que constituyen la parte inferior del Grupo Caracas.

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (LEV) se tiene a continuación la descripción de la Formación Antímamo, ilustrada en la Figura 2, la cual se correlaciona con las rocas presentes en la zona de estudio.

Formación Antímamo

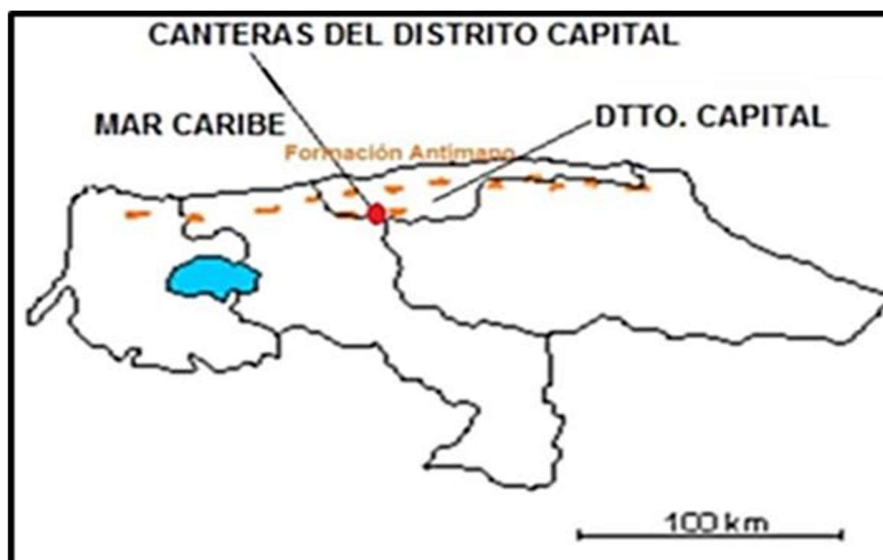


Figura 2. Extensión geográfica de la Fase Antímamo (Léxico Estratigráfico de Venezuela)

Localidad Tipo

Dengo (1949) menciona por primera vez a la Formación Antímamo, designa y describe la localidad tipo. En 1951 Dengo, establece la localidad tipo a 0,5 km al norte de Antímamo, Distrito Federal (Hoja 6847, escala 1:100.000, Cartografía Nacional), cuyos afloramientos hoy en día están totalmente cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas. Muy buenos afloramientos aún están visibles en las canteras de la quebrada Mamera.

Descripción Litológica

Dengo (1951), describe la Formación Antímamo como mármoles masivos de grano medio color gris claro, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceos, y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage". El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%)

Dengo (1950) describe con detalle las anfibolitas glaucofánicas de esta Formación, incluyendo análisis químicos, indica que los mármoles son rocas estructuralmente competentes en relación con los esquistos que las rodean, pero incompetentes en relación con las rocas anfibólicas, mostrando pliegues de flujo alrededor de ellas y resultando así la estructura de "boudinage". Schurmann (1950) igualmente estudia estas rocas glaucofánicas, presentando un mapa detallado de los diversos tipos litológicos en el sector de Antímamo y Mamera.

González de Juana et al. (1980, p. 314) interpretan esta unidad e indican que probablemente "representa un horizonte tectónico y no una unidad litoestratigráfica". En 1982 Talukdar y Loureiro, en la cartografía geológica de la zona de Puerto Cruz-Mamo, reconocen su Unidad de anfibolitas y mármoles, que posteriormente Urbani y Ostos (1989), la denominan como Fase Antímamo, allí ocurre la asociación de anfibolita, mármol, esquistos calcáreo-muscovítico ± grafitoso, esquistos cuarzo-muscovítico ± granatífero, esquistos cuarzo-muscovítico-graucofánico-

granatífero. Posteriormente Urbani et al. (1997) estudian la mineralogía carbonática de los mármoles de los afloramientos de la punta oeste de la bahía de Chichiriviche, Distrito Federal, encontrando que carecen de dolomita, mientras que aquellos de Mamera lo presentan en muy pocas muestras y en muy bajas concentración. En los trabajos ya mencionados de Ostos, Urbani y otros, el criterio para cartografiar esta Fase es la presencia de la asociación de rocas anfibólicas con mármoles

Extensión Geográfica

En la zona de Antímamo, hacia el oeste en San Pedro y hacia el este hasta La Florida (afloramientos hoy cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas) se han descrito afloramientos aislados, continúa la zona de afloramientos en una franja en el valle de la quebrada Tacagua, y de ahí hacia el oeste como una franja entre Mamo, Carayaca y Tarma, Distrito Federal. Los últimos afloramientos se han reconocido en la zona de El Palito, estado Carabobo.

Contactos

Esta formación presenta contactos estructuralmente concordantes con las formaciones adyacentes: Las Brisas y Las Mercedes. En la zona de Antímamo y Mamera, los lentes de mármoles y rocas anfibólicas, que alcanzan a veces grandes dimensiones longitudinales, se hallan embudidos en esquistos de diversos tipos, especialmente los correspondientes a la Formación Las Brisas (Cantisano, 1989).

Geología Local

Urbani y Ostos (1997), indica que la geología local se compone principalmente por una secuencia estratigráfica transicional, de intercalaciones de esquistos cuarzo-micáceos, esquistos cuarzo-calcáreos-micáceos, mármoles lenticulares piritosos grises, mármoles cuarcíticos, anfibolitas granatíferas y/o piritosas de tonos verdosos y cuarcitas de grano fino gris claro también lenticulares, conformando en conjunto un sinclinal asimétrico fallado y diaclasado hacia la parte Noroeste de la mina, cuyo eje tiene un rumbo general Noroeste-Sureste y buzando hacia el Sureste. No obstante, esta estructura sinclinal

desaparece hacia la parte media de la cantera hacia el sureste donde la estratificación presenta un rumbo general NE con un buzamiento medio a moderado hacia el Sureste. Los flancos del sinclinal se presentan suavemente plegados en ambos costados del eje conformando secuencias de pequeños anticlinales y sinclinales destacados por la diferencia en los colores de las distintas litologías de la formación geológica. Hacia el sureste de la mina la estructura sinclinal desaparece y la secuencia en su conjunto adopta localmente una estructura monoclinial con inclinación general hacia el sur-este.

Secuencia Litológica

La secuencia litológica consiste de tope a base (noroeste a sureste), de una intercalación de esquistos cuarzo-micáceos muy meteorizados de colores rojizos, un mármol masivo de grano medio, color gris claro con cristales de pirita, una intercalación de esquistos cuarcítico-muscovítico-grafitosos, lentes delgadas de mármol gris oscuro, anfibolitas (a veces intercaladas paralela y concordantemente a la foliación de la secuencia y a veces claramente intrusionando a la misma), cuarcitas delgadas gris claro y una gruesa capa de esquistos muy cuarzosos, calcáreos, micáceos con pirita y muy compactos.

Descripción Litológica

El mármol de grano medio y de color gris oscuro, está formado en general de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%), aunque en algunos lentes locales el mármol se observa con más del 90% de calcita el cual se observa en sectores en forma de láminas de pocos centímetros de espesor junto con los esquistos que lo envuelven y también en espesores mayores, pero de pocos metros y de poca continuidad lateral. Los esquistos presentes son esencialmente: esquistos calcáreo- muscovíticos \pm grafitosos, esquisto cuarzo-muscovíticos \pm granatíferos, esquistos cuarzo- muscovítico-graucofánico-granatíferos, predominando en la secuencia los esquistos cuarzo-muscovíticos generalmente calcáreos (Canteras del Distrito Capital S.A, 2021).

Las rocas anfibólicas se observan como pequeños cuerpos hacia el noroeste de la

cantera con estructuras de "boudinage" y con cristales de pirita. Hacia el sureste, existe un gran cuerpo de anfibolita con porfiroblastos de granate que se observan especialmente en las zonas de contacto con los esquistos cuarzo-calcáreos que la envuelven. Esta roca se distingue claramente por su color verdoso y porque se presenta en forma de una roca masiva, localmente sin foliación, muy compacta y está asociada, en sus zonas de contacto, con vetas y vetillas irregulares de cuarzo, calcita y/o cuarzo y calcita con pirita, que evidencian zonas de alteración de contacto de hasta medio metro de espesor (Canteras del Distrito Capital S.A, 2021).

En la Figura 3, se puede apreciar el esquema general de la secuencia litológica que presenta la zona de estudio.



Figura 3. Esquema general de secuencia estratigráfica de Mina II.

Tomado de: Melo, Y. (2016)

Geología Estructural

Estructuralmente el área de Mina 2 se encuentra plegada, fallada y diaclasada intensamente. Hacia la parte norte se evidencia una estructura sinclinal asimétrica cuyo eje se inclina hacia el sur y sus flancos se presentan suavemente plegados en secuencias de pequeños y sucesivos anticlinales y sinclinales que se distinguen por la diferencia de tonos grises visibles en los taludes de los frentes de arranque (Cantera del Distrito Capital S.A, 2021).

Esta estructura sinclinal desaparece gradualmente hacia el sur de la mina y se transforma

en un monoclinal de rumbo general E-W con buzamiento alto a medio al sur. La estructura está fallada principalmente con fallas sinestrales y dextrales de rumbo general E-W de ángulo alto al sur, cuyos planos o espejos de falla con estrías se observan a nivel de las cotas 1.040 a 1080 msnm (Canteras del Distrito Capital S.A, 2021).

Las diaclasas son abundantes debido a los intensos efectos tectónicos que ha sufrido la región y debido también a las características físicas de las rocas, que son muy compactas por su composición mineralógica eminentemente cuarzosa y/o calcárea, propensas a quebrarse o romperse en fragmentos grandes o bloques en vez de plegarse, como sería el caso de los esquistos micáceos y/o grafitosos de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes que envuelven transicionalmente a estas rocas de la formación Antímano.

Las diaclasas conforman sistemas paralelos en diferentes direcciones e inclinaciones (ver Figura 4). Las más recientes son abiertas, formando grietas y las más antiguas están generalmente rellenas de calcita cristalizada y en algunos casos forman cavernas producto de disolución por el agua que se infiltra de la superficie, cuando se trata de las rocas calcáreas (Canteras del Distrito Capital S.A, 2021).



Figura 4. Sistema paralelo de diaclasa presentes en el macizo rocoso.

Tomado de: Estee. (2022)

2.3 Descripción General del Ámbito Físico- Natural de la Zona de Estudio

Topografía

Según el Plan de Explotación de la cantera para el año 2021-2022, la topografía del terreno es casi en toda su extensión abrupta, predominando una zona montañosa moderadamente escarpada, de carácter masivo, determinada por la litología predominante de rocas metamórficas; el sistema montañoso presenta fuertes pendientes, que disminuyen en algunos sitios de contacto de las vertientes con las acumulaciones de los valles. Se observa un mayor relieve en las zonas donde afloran mármoles masivos y gruesos que presentan estructuras kársticas superficiales.

Hidrología

Según el Plan de Explotación de la cantera para el año 2021-2022, las redes hídricas que cubren la Cantera tienen su eje principal en la quebrada Mamera, localizada en el lindero Sur de esta, la cual posee una micro cuenca de 500 ha., con régimen hídrico intermitente. Esta micro cuenca ha sido intervenida, en diferentes tramos, debido a la construcción de obras civiles e industriales, entre ellas tenemos el Cementerio del Oeste y el área por donde se construyó la nueva vialidad que da acceso a El Junquito. Las aguas de esta quebrada se descargan por el margen izquierdo en la canalización del Río Guaire, en la zona correspondiente a Mamera. En este sector, la cuenca de recepción del Río Guaire es de aproximadamente 27.500 ha.

Vegetación

Según Dengo (1951), indica que, el paisaje predominante en la región natural donde funciona la Canteras del Distrito Capital S.A. es de montaña y se encuentra ubicada en la Cordillera de la Costa. La vegetación es típica de las regiones boscosas tropicales, donde proliferan las gramíneas, representadas en su mayoría por hierbas, la vegetación recomendada para las actividades de reforestación es del tipo saxícola. En las extensiones de la Cantera se puede distinguir cuatro unidades de vegetación: Bosque semidecídulo; Matorrales mezclados con vegetación de transición; Bosque de galería y

Sabanas secundaria. Esta última es el producto del proceso de eliminación de la cubierta vegetal original, mediante la tala y quema para el establecimiento de viviendas e industrias sobre las laderas montañosas, esto según la información suministrada por “Canteras del Distrito Capital”.

Temperatura y humedad relativa media

La estación meteorológica de mejor correlación con las variaciones de temperatura y humedad relativa de la Hacienda Mamera es la estación de Carayaca (código 9311) ubicada a 972 msnm, la misma registra temperaturas medias máximas de 22 °C y mínimas de 19,5 °C. Con respecto a las humedades relativas medias se registran máximas de 76% y mínimas de 73%. Estos datos están comprendidos, en líneas generales, entre 1970 y 1998, registrados y analizados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). (Ver Figura 5).

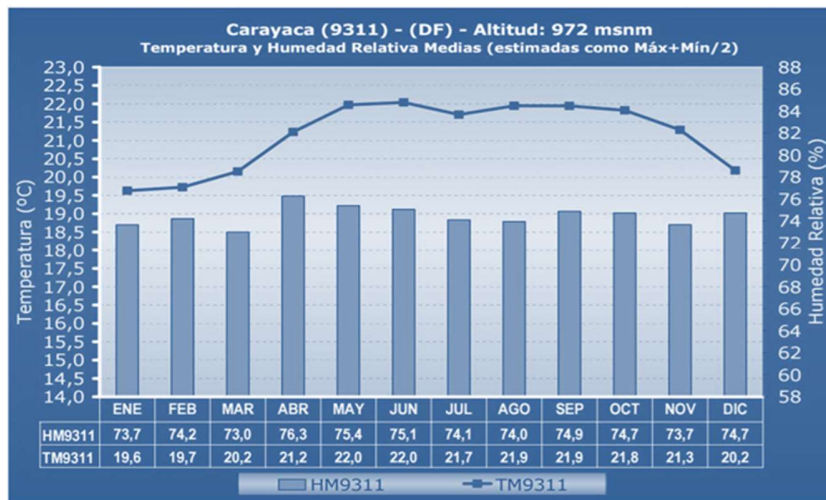


Figura 5. Variaciones de humedad y temperatura en la Hacienda Mamera.
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica "INAMEH"

Precipitaciones

La estación meteorológica de mejor correlación con las variaciones de precipitación en la Hacienda Mamera es la estación de Alto de Ño León (código 1425), la misma registra precipitaciones que se pueden clasificar en tres estadios temporales:

- Años con altas precipitaciones: Las precipitaciones varían desde 275 mm/mes hasta 125 mm/mes siendo abril, junio y octubre los meses de mayor pluviosidad.
- Años con precipitaciones medias: Las precipitaciones varían desde 125 mm/mes hasta 25 mm/mes siendo mayo, junio, julio y octubre los meses de mayor pluviosidad.
- Años de extrema sequía: Las precipitaciones varían desde 25 mm/mes hasta 0 mm/mes siendo mayo, junio, septiembre y octubre los meses de mayor pluviosidad.

Estos datos están comprendidos en un período de registro de 1950–1998, fueron analizados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). (Ver Figura 6)

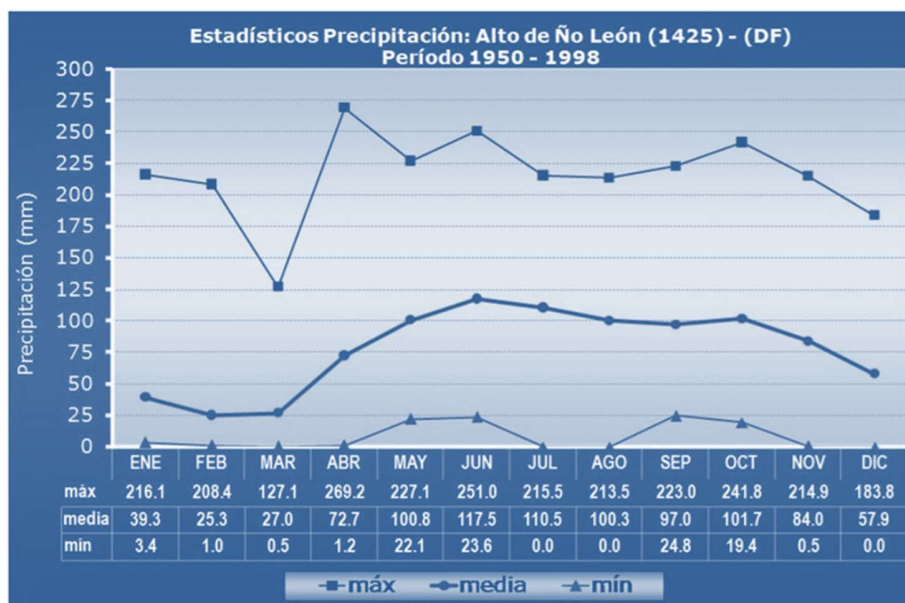


Figura 6. Precipitaciones en la Hacienda Mamera.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica "INAMEH"

2.4 Descripción General de la Empresa Cantera del Distrito Capital S. A.

La empresa Cantera del Distrito Capital, S.A, es un ente encargado de la extracción de

minerales no metálicos que busca suministrar al mercado agregados de calidad, además, ser el modelo base para las distintas obras civiles en toda el área Metropolitana de Caracas. Por su parte, el proceso interno de producción que lleva la empresa, consiste en la fragmentación de la roca por medio de perforación y voladura, pero debido a diversos inconvenientes para la adquisición de explosivos se realiza el arranque directo del material con una retroexcavadora y se vierte el material desde el nivel más alto de la mina hacia el nivel más bajo.

La empresa desarrolla sus actividades, desde hace diez (10) años, en forma ininterrumpida, amParada en las autorizaciones que le ha otorgado el Ministerio de Desarrollo Minero Ecológico a la antigua Empresa Cantera Nacional, ubicada en la Hacienda Mamera, Parroquia Antímano, del Municipio Autónomo Libertador, Distrito Capital, que laboran bajo la figura de un solo turno diurno de 7 horas en todas las áreas tanto administrativas como operativas, 5 días a la semana. El área operativa funciona en la propia cantera de Antímano (producción, mantenimiento y facturación) y el área administrativa y Junta Directiva funcionan en la oficina principal del Gobierno del Distrito Capital (Ver Figura 7).

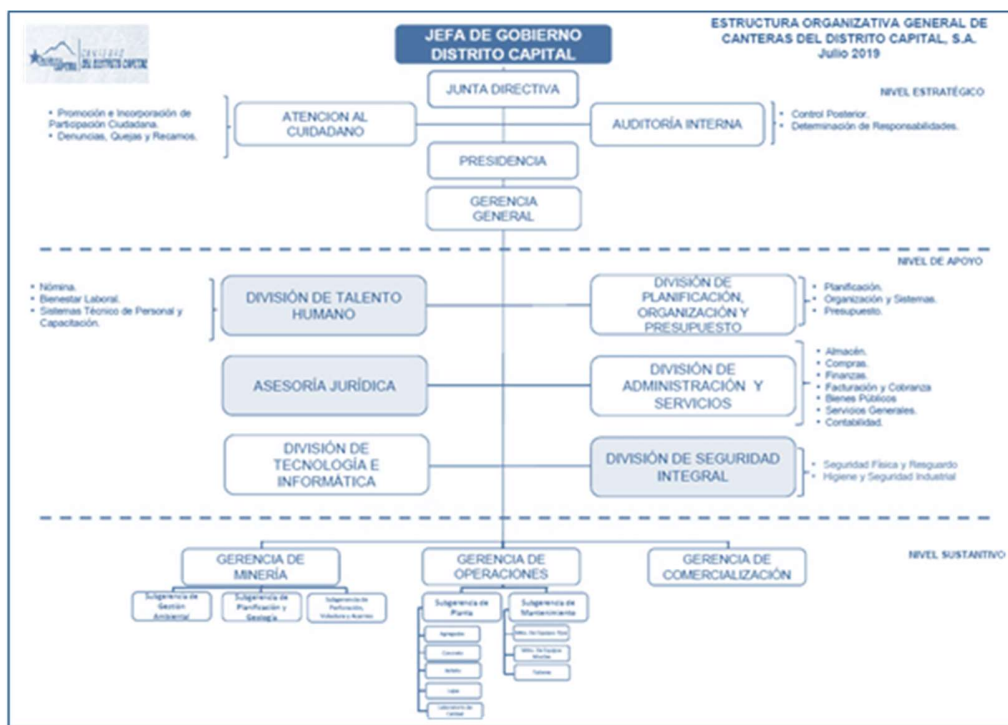


Figura 7. Organigrama de la empresa.

Tomado de: Plan de Explotación Canteras del Distrito Capital S.A

La cantera cuenta con dos áreas mineras llamadas Mina I y Mina II (Ver Figura 8), de las cuales se encuentra activa Mina 2 y es donde se ha venido desarrollando la extracción del material, en esta, se diseñaron 7 bancos de explotación que presentan una altura entre los 12 a 15 metros aproximadamente, con una inclinación de 70° y un ancho operativo de 6m, mientras que el área comprendida como Mina I actualmente no se encuentra operativa, debido a que la cota más baja de esta ya alcanzó el nivel freático, lo que generó la formación de una laguna artificial y por problemas ambientales no se les concedió el permiso para seguir explotando dicha área, sin embargo, la laguna es utilizada para surtir de agua las distintas labores cotidianas de la cantera (Plan de Explotación 2021-2022).

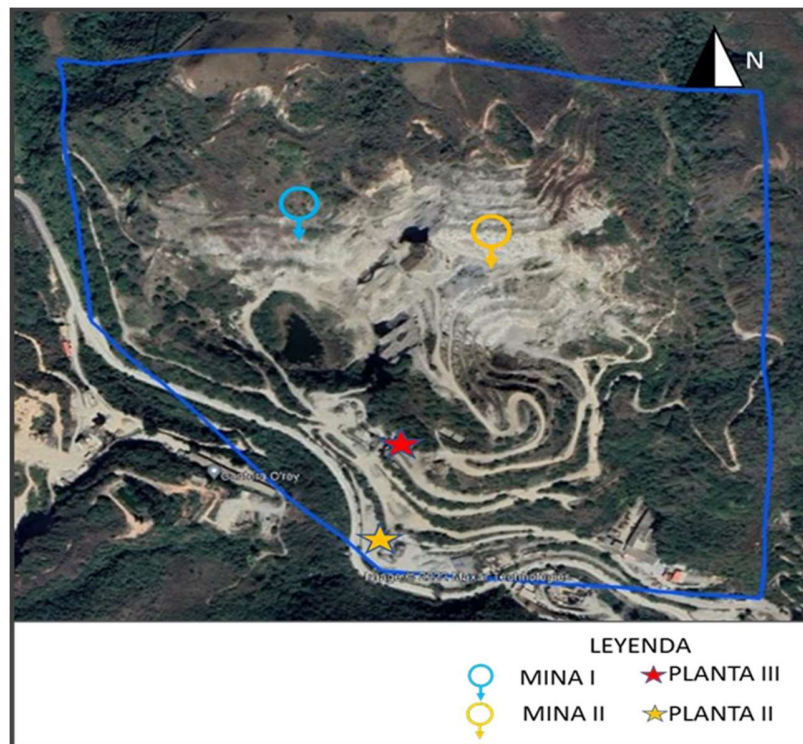


Figura 8. Ubicación geográfica de los frentes de explotación
 Tomado de: Estee (2022)

Proceso Productivo de la Cantera

El proceso productivo se genera a través de actividades de minería a cielo abierto. La extracción de rocas metamórficas, caracterizadas por, mármol, esquistos y rocas anfíbolíticas, se realiza mediante arranque directo o mecánico. El material extraído es acarreado a través de un camión articulado marca Bell B40D, hacia las dos plantas de trituración pertenecientes a la empresa, donde es vertido directamente en la tolva de alimentación de estas o dispuesto en los patios de almacenamiento. Por medio de cargadores frontales se moviliza el material en patio hasta completar el ciclo de acarreo nuevamente asegurando un circuito de trituración constante. En la Figura 9 se esquematiza de forma resumida el proceso productivo que lleva actualmente la empresa.

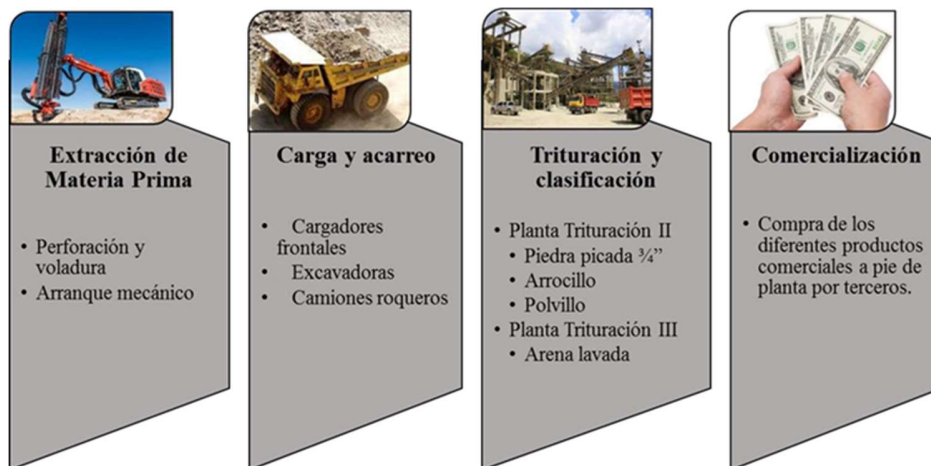


Figura 9. Proceso productivo de Cantera del Distrito Capital S.A

Tomado de: Estee (2022).

Proceso de Beneficio Mineral

La empresa cuenta con dos plantas de beneficio mineral denominadas Planta de Trituración II y Planta de Trituración III.

Planta de Trituración II

La planta de trituración de agregados gruesos fue diseñada para producir 1.200 m³/día, y consta de cuatro etapas de trituración y tres de clasificación, las cuales generan la disminución de tamaño y clasificación del todo uno proveniente de la explotación de los frentes de Mina 2.

La trituración primaria es realizada por medio de una trituradora de mandíbula marca Loro & Parisini Modelo 1250 CR que tiene una capacidad instalada de 280 (m³/h) y es capaz de admitir tamaños máximos de hasta 1 m³ de roca. El material que sale de este equipo pasa a una primera etapa de cribado desempeñada por una criba de dos pisos de la marca Loro & Parisini modelo Vaglio V 516, en donde el material fino (ripio) sale del circuito y se apila directamente en patio. El material grueso ingresa a una segunda etapa de trituración, que es realizada por la trituradora de cono de la marca Loro & Parisini modelo 18-50 Allis Chalmers de capacidad: 215 (m³/h), la descarga de este equipo junto con el material retenido en el cedazo inferior pasan a una segunda etapa

de cribado, efectuada por una criba Loro & Parisini modelo Vaglio V 517, el material que no logra pasar la abertura de la malla superior es enviado a una trituradora de cono Loro & Parisini modelo 10-51 Allis Chalmers que desempeña una trituración terciaria. El retenido del cedazo inferior de esta criba, pasa directamente a una trituración cuaternaria efectuada por una trituradora de cono 4 ft de la marca Nordberg tipo Symons; el producto de ambas etapas de trituración vuelve a la etapa de clasificación secundaria cumpliendo un circuito cerrado, mientras que el material pasante ingresa a una tercera fase de cribado, ejercida por dos cribas, cada una de dos pisos que presentan igual características operacionales, para ser clasificado como piedra de granulometría $\frac{3}{4}$ ", arrocillo y polvillo, y posteriormente ser dispuesto en tolvas de almacenamiento para su despacho (ver Figura 10).

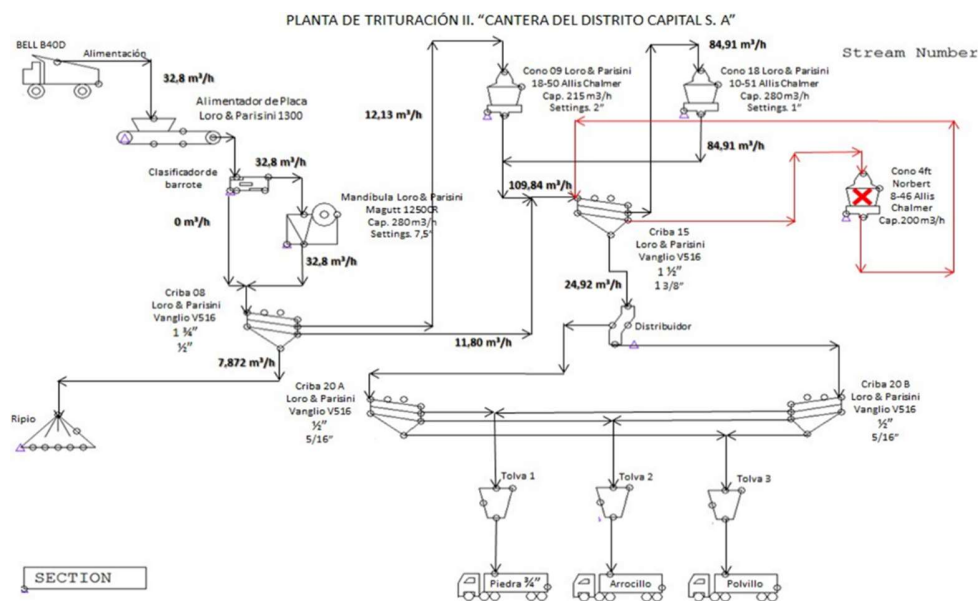


Figura 10. Diagrama de Planta de Trituración II.

Tomado de: Estee (2022).

Planta de Trituración III

De acuerdo con el plan de explotación a continuación, se presenta la descripción del tratamiento del material para la planta de producción de arena lavada:

El material (todo uno) obtenido en las operaciones de perforación y voladura utilizando

un patrón de 4,00 x 3,50m, es colocado en una tolva de alimentación con una capacidad de 200 m³.

A través de un alimentador vibratorio este material cae en la trituradora de mandíbula marca XCMG tipo PE 800X1060 con una capacidad instalada de 52- 88 m³ /h; la configuración de salida del equipo es para obtener un material con un diámetro promedio de máximo 6”.

Este material es trasladado por medio de una cinta transportadora con una longitud de 20m, rodillos de 10,3m, ocho estaciones con tres (3) rodillos cuyo diámetro es de 13”; hasta una criba vibratoria marca Loro e Parisini 516 con un solo nivel cuyo corte es de 1 ¼”.

El material retenido ($\geq 1 \frac{1}{4}$ ”), en esta criba cae en un cono Symons, modelo 3Ft serial 41742, cuyo diámetro promedio de salida está cerrado a aproximadamente 1/2”, el pasante ($\leq 1 \frac{1}{4}$ ”), al igual que el del cono caen a una banda de 23m de longitud y 76 cm de ancho con rodillos de 1m de longitud con 10 estaciones de 3 rodillos cada una

Este material cae a una criba vibratoria Loro e Parisini 516 de dos mallas (220x 137 cm.), la apertura de la superior es de 1 ¼ ” y la inferior de 3/8”, el material pasante de la malla inferior va directamente al tornillo lavador, de donde se obtiene el producto final (arena), mientras que el retenido de esta cae a una banda de 90 cm. de ancho, 55m de longitud con rodillos de 1m de longitud y 15 estaciones de 3 rodillos cada una y cae a una tolva de distribución, el retenido de la primera malla va a una banda de 25 metros y cae nuevamente al cono principal para dar paso al circuito cerrado de esta operación de trituración.

El material ubicado en las tolvas de distribución este cae a un triturador de cono de la serie de Gyradisc Trituradora de Cono modelo GD75 cuyo diámetro de alimentación es de 1 ¼” y la salida es de 3/8” este material cae a una banda de 17m y posteriormente a la otra de 23m hasta llegar nuevamente a la segunda criba vibratoria descrita anteriormente. (Ver Figura 11)

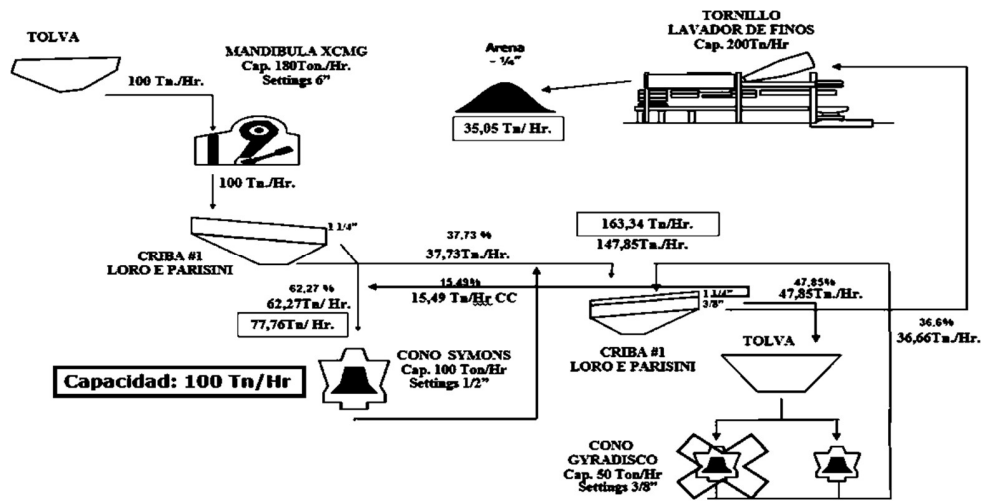


Figura 11. . Diagrama de Planta de Trituración II

Tomado de: Acosta (2017)

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la Investigación

Melo, Y (2016), “Propuesta metodológica para la planificación de soporte de mina, en Canteras del Distrito Capital S.A”. Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Trabajo especial de grado. El estudio plantea un análisis dentro del marco de la planificación operativa concerniente con el horizonte de producción a corto plazo en donde se presenta un plan trimestral de actividades que se pretende adaptar a los resultados obtenidos semanalmente por la empresa.

Ledezma, A. & Castillo, L. (2017). “Planificación minera a largo plazo de la mina II, en Canteras del Distrito Capital S.A”. Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Pasantía Industrial. Venezuela. En esta investigación se realiza una planificación minera a largo plazo para Mina II, mediante de la descripción geológica, topográfica y estructural de la zona de estudio, se estiman los recursos y se diseña el Pit final haciendo énfasis en los avances de la explotación de Mina II.

Seijas D (2017), “Integración de criterios de cierre de mina a la planificación a largo plazo: Canteras del Distrito Capital, Mamera, Municipio Libertador”. Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Trabajo especial de grado. El trabajo está basado en evaluar las características geotécnicas, así como determinar el grado de impacto ambiental que se generan durante la explotación mineral en Canteras del Distrito Capital S.A, para ello se proporcionan herramientas técnicas que fomenten el desarrollo de la planificación a largo plazo de la explotación mineral.

Hernández J (2018) “Evaluación de la factibilidad técnica en la aplicación del Software RecMin como herramienta de planificación a largo plazo en una zona del distrito minero El Callao”. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de

Venezuela, Caracas. La investigación se centra en evaluar la factibilidad técnica que brinda el Software Minero Recmin el cual es utilizado como herramienta de planificación a largo plazo para la explotación minera a cielo abierto, por su eficiencia y beneficios en costos de adquisición y mantenimiento.

Zerpa, Z. (2018), “Propuesta de plan de explotación para el nivel 18 de Mina II en Canteras Del Distrito Capital S.A., Hacienda Mamera, Parroquia Antímamo, Municipio Libertador, Distrito Capital, Venezuela”, Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Pasantías Industriales. La investigación se enfoca en levantar datos topográficos y geológicos para definir la viabilidad hacia el nivel 18, plantea realizar dos vías de un solo carril para el acceso y retorno, generar una plataforma en el nivel 17 para el avance de explotación del nivel 18 y modifica los parámetros de voladuras para atacar los problemas de sobretamaño.

Puerta D (2019), “Propuesta de metodología para la planificación de control de calidad en una mina aurífera a cielo abierto en el Estado Bolívar”. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas. La investigación se centra en la realización de una metodología para la planificación de control de calidad para la explotación a cielo abierto de una mina de oro perteneciente a la Formación El Callao, estado Bolívar, aplicando para ello; parámetros mineros que permitan proporcionar así una línea para el correcto control de calidad en minería.

Estee I (2022), “Propuesta de un plan a corto plazo para la explotación de minerales no metálicos de los niveles comprendido entre la cota 1178 – 1272 msnm en la Mina 2 de Cantera del Distrito Capital, C.A”. Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Pasantías Industriales. Esta investigación, se basa en la actualización topográfica de la zona de estudio, el diseño de los frentes de extracción según parámetros geométricos, así como determinación de los parámetros para el desarrollo de los planes de perforación y voladura, con el fin de formular un plan de avances y secuencias de explotación a corto plazo para los niveles comprendido entre la cota 1178 – 1272 msnm en la Mina 2 de la cantera.

3.2. Bases Teóricas:

Aspectos para considerar en la clasificación de un macizo

Según Castillejo (1993), un macizo rocoso es un medio heterogéneo y discontinuo cuyas propiedades resistentes y deformacionales no pueden ser medidas directamente en laboratorio, existiendo una diferencia muy apreciable entre los valores que se obtienen en los ensayos de laboratorio y los que se obtienen mediante medidas in situ.

De acuerdo con González De Vallejo (2002), el macizo rocoso puede estar constituido por diferentes tipos de rocas, confiriéndole características homogéneas o heterogéneas, por otro lado el mismo posee distintos niveles de escala donde el conjunto completo que engloba la roca intacta y la roca fracturada es lo que conocemos como macizo rocoso, aquella sección que incluye la roca con ciertas discontinuidades o fracturas se conoce como roca fracturada y aquella área donde la roca posee características de conservación se conoce como roca intacta”. En la Figura 12 se puede observar la transición entre las diferentes situaciones descritas.

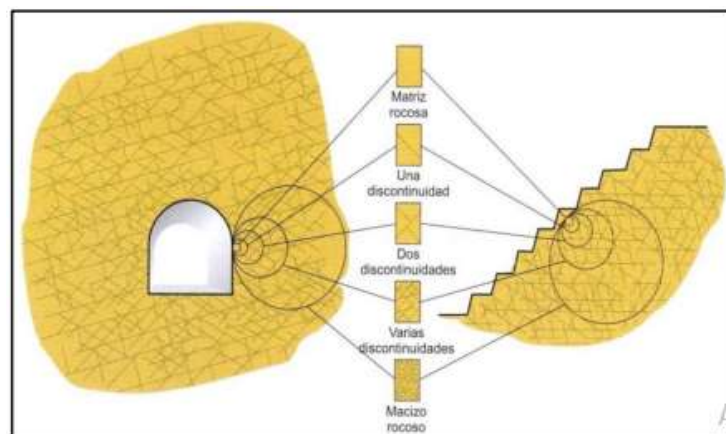


Figura 12. Efecto escala en un macizo rocoso.

Tomado de: González de vallejo (2002)

El macizo rocoso está determinado por cuerpos de roca sana y la estructura geológica (primaria y secundaria). La interacción entre estos elementos constituyentes dictará el comportamiento y las propiedades del macizo rocoso. El peso de estos factores depende

de la escala de la obra a realizar. Las rocas ígneas son resistentes debido al enlace entre los cristales y minerales componentes de estas.

En un macizo rocoso de acuerdo con su estructura geológica se presentan dos tipos de estructuras denominadas estructura primaria y secundaria. La estructura primaria está dada por la génesis de las rocas. Las estructuras secundarias en cambio son el producto de la acción de esfuerzos desarrollados en la masa rocosa debidas a los esfuerzos tectónicos. Estas estructuras se pueden presentar aisladas o sobrepuestas entre sí. Las estructuras secundarias se manifiestan localmente en discontinuidades y regionalmente como fallas, pliegues, que constituyen planos de debilitamiento en el macizo rocoso.

Caracterización del diaclasamiento del macizo rocoso

Las discontinuidades condicionan de una forma definitiva las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos (Gonzales de Vallejo et al. 2002). Éstas pueden ser descritas mediante la observación de afloramientos, de núcleos provenientes de perforaciones y por métodos de fotogrametría terrestre. Para caracterizar el diaclasamiento se consideran los parámetros mostrados en la Figura 13.

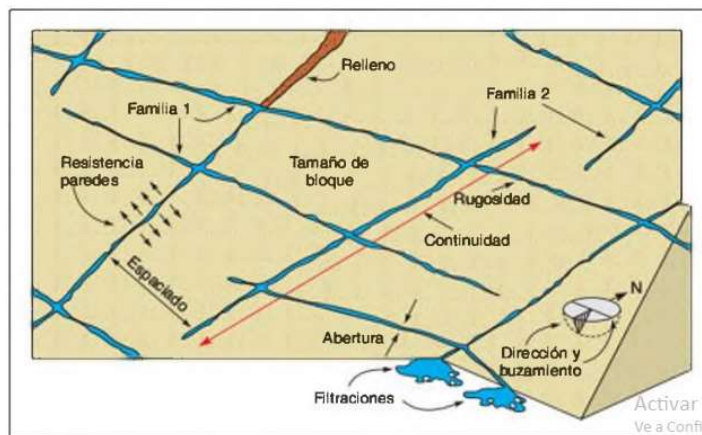


Figura 13. Representación esquemática de las propiedades geométricas de las discontinuidades.

Tomado de: González de vallejo (2002)

Estos parámetros son descritos de la siguiente manera:

- a) Orientación de discontinuidades: Se determina mediante el uso de brújula con clinómetro, definiendo el buzamiento (ángulo que forma la recta de máxima pendiente del plano con el plano horizontal) y el rumbo ortogonal con el buzamiento, medido desde el norte o el sur, bien sea hacia el este o el oeste (Ver Figura 14).

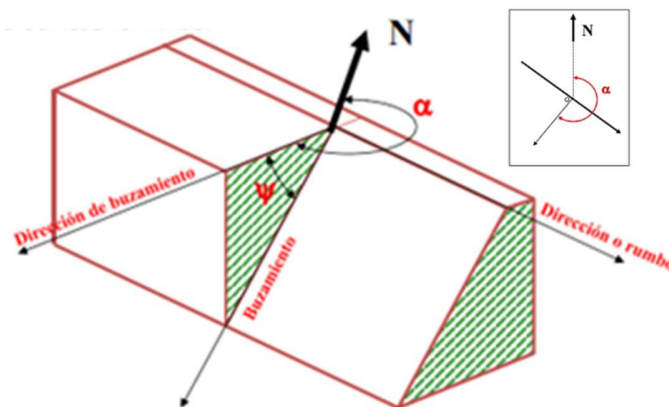


Figura 14. Dirección de las discontinuidades.
Modificado de: Alejanos Et al. (s.f)

- b) Espaciado: Según Gonzales de Vallejo et al. (2002), el espaciado se define como la distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia, medida en la dirección perpendicular a dichos planos. Es recomendable utilizar el valor promedio y los valores modales máximos y mínimos para mejores resultados.

El espaciado de discontinuidades adyacentes controla el tamaño de bloques individuales de la roca intacta. En la medida que la frecuencia de fracturas es mayor, la cohesión global del macizo rocoso se hace menor.

- c) Persistencia: Este término describe la extensión real o el tamaño de la discontinuidad observada en el corte (Ver Figura 15). Puede ser cuantificada en forma muy grosera observando las longitudes de las trazas en la superficie expuesta. Se considera como uno de los parámetros más importantes del macizo rocoso, pero uno de los más difíciles de cuantificar. La determinación de la

persistencia es de gran importancia principalmente en aquellas diaclasas orientadas en forma desfavorable a la estabilidad (ISRM, 1978).



Figura 15. Continuidad o persistencia superficies estudiadas en los afloramientos.
Tomado de Alejanos Et al. (s.f)

- d) Rugosidad: Se reconocen dos “ordenes” para clasificar las rugosidades de la pared de una discontinuidad, las cuales afectan las características de movimiento o la resistencia al corte de las discontinuidades. Las rugosidades mayores o de escala de primer orden son denominadas “ondulaciones”, y son consideradas que tienen una dimensión tal que es poco probable que sean cizalladas; para propósitos prácticos son ondulaciones en un plano. Las rugosidades propiamente dichas, segundo orden, se denominan asperezas. Estas son suficientemente pequeñas que podrían ser cizalladas durante el movimiento a lo largo de una discontinuidad.
- e) Abertura: Es la distancia perpendicular que separa las paredes adyacentes de una diaclasa abierta. Los métodos sugeridos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas limitan el término abertura, a diaclasas abiertas donde el espacio es aire o agua; cuando se trata de una diaclasa abierta y rellena con arcilla, por ejemplo, utilizan el término ancho. (Ver Figura 16).

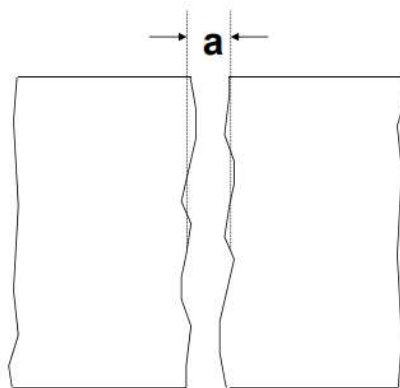


Figura 16. Apertura de las discontinuidades.
Tomado de: Alejanos Et al. (s.f)

- f) Relleno: Este término describe el material que se encuentra separando las paredes adyacentes de una discontinuidad, por ejemplo: calcita, cuarzo, clorita, yeso, arcilla, limo, brecha de falla, etc. la distancia perpendicular entre las paredes de la discontinuidad se le llama "ancho de la diaclasa rellena". Gonzales de Vallejo et al. (2002), señalan que la presencia del relleno gobierna el comportamiento de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los aspectos referentes a sus propiedades y estado. (Ver Figura 17).

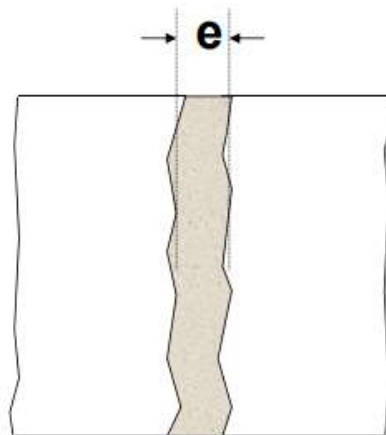


Figura 17. Representación gráfica del relleno de las discontinuidades
Tomado de: Alejanos Et al. (s.f)

- g) Flujo: El flujo a través de macizos rocosos ocurre principalmente a lo largo de discontinuidades; esto es debido a lo que se denomina “permeabilidad

secundaria”. Hay casos, sin embargo, como por ejemplo algunas rocas sedimentarias en que la “permeabilidad primaria” puede ser significativa, de forma que una gran parte del flujo ocurre a través de los poros de roca intacta

- h) Resistencia de las paredes de la discontinuidad: Influye en su resistencia al corte y en su deformabilidad. Depende del tipo de matriz rocosa, del grado de alteración y de la existencia o no del relleno. En discontinuidades sanas y limpias, la resistencia sería la misma de la matriz rocosa, pero generalmente es menor debido a la meteorización de las paredes: los procesos de alteración afectan en mayor grado a los planos de discontinuidad que a la matriz rocosa (Gonzales de Vallejo et al. 2002).

Estado de conservación de la roca

Abril (2010), afirma que la meteorización en los macizos rocosos consiste en el cambio, de su composición o textura (ver Tabla 2), que afectan a las rocas expuestas en la superficie o cerca de esta, debido a la actividad de agentes atmosféricos. Determinar el grado de meteorización en el macizo rocoso, es de suma importancia en la caracterización geomecánica de este, debido a que afecta negativamente a sus propiedades físico - mecánicas. Los índices más usados para determinar el grado de meteorización son: químico, micro petrográfico y físico, siendo el último el más empleado en la práctica debido a lo económico que resulta y la fiabilidad de los resultados si son realizados correctamente. La meteorización química y física son las formas de meteorización que afectan al macizo y la roca que lo compone.

El factor de mayor influencia en el tipo de meteorización es el clima. Los macizos rocosos subterráneos, son afectados cuando son excavados debido a actividades mineras y construcciones en el ámbito civil, no obstante, los macizos rocosos en la superficie son afectados inmediatamente por agentes atmosféricos. El estudio del efecto de la meteorización con el tiempo debe ser tomado en cuenta tanto en macizos rocosos subterráneos o de superficies, ya que puede ocasionar la pérdida de estabilidad

con el pasar del tiempo.

Tabla 1. . Clasificación de Rocas Meteorizadas, Tomada de Abril (2010).

Grado	Descripción	Litología	Fundaciones
I	Roca fresca	Roca limpia	Buena para cualquier estructura
II	Ligeramente meteorizada	Roca fracturada, feldespatos parcialmente alterados	Buena excepto para grandes presas
III	Moderadamente e meteorizada	Parcialmente transformada a suelo, predomina roca sobre suelo	Buena para la mayoría de estructuras
IV	Intensamente meteorizada	Parcialmente transformada a suelo, predomina suelo sobre roca	Variable y poco confiable
V	Completamente meteorizada	Suelo, aún se reconoce estructura original	Necesita análisis de suelo
VI	Suelo residual	Algún contenido orgánico, todos los minerales están descompuestos	Inadecuado sin análisis de suelo

Métodos de caracterización de macizo rocoso

Blanco (2013) afirma que, para valorar la calidad del macizo rocoso, se emplea diferentes métodos de estudio, actualmente los métodos basados en las clasificaciones geomecánicas, son los que han tenido gran difusión. Los criterios utilizados están basados en parámetros cualitativos y cuantitativos, dando como resultado diferentes métodos de evaluación y valoración, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Métodos de clasificación de macizos rocosos, Tomado de Vladimir (2013).

Métodos cualitativos	Terzaghi (1946)
	Lauffer (1958)
	Deere “RQD” (1963)
Métodos cuantitativos	Wickham et al. “S.R.S” (1972)
	Bieniawski “RMR” (1973, 1989)
	Barton et al. “Q” (1974)
	González de Vallejo “S. R. C.” (1982)

Clasificación RMR o rango de valoración de la roca

El índice RMR fue desarrollado por Bieniawski en 1973, constituye un sistema de clasificación para determinar la calidad y resistencia de macizos rocosos. Para aplicar la clasificación se divide al macizo rocoso en zonas de estructura geológica similar. Esta clasificación se basa en los siguientes parámetros geomecánicos (Gonzalez De Vallejo, 2002):

- ✓ Resistencia a compresión uniaxial de la matriz rocosa.
- ✓ Grado de fracturación de la roca “RQD”.
- ✓ Espaciado de las discontinuidades.
- ✓ Condiciones de las discontinuidades.
- ✓ Condiciones hidrogeológicas.
- ✓ Orientación de las discontinuidades con respecto a la obra.

Con la suma de los cinco primeros parámetros, se obtiene el valor del RMR básico. La corrección por orientación de discontinuidades depende del tipo de obra ingenieril (túneles y taludes), una vez sumado este parámetro se obtiene el RMR (varía de 0 a 100) con el que se le asigna la calidad macizo rocoso (a mayor RMR, mayor calidad del macizo rocoso). El RMR está dividido en cinco tipos de calidad con su respectivo rango de características geotécnicas. Los datos estandarizados para la valoración de las rocas tomadas de Gonzalez de vallejo (2002), se muestran en el Anexo A, Tabla 34.

Según Bongiorno (2012), la calidad de roca o R.Q.D por sus siglas en ingles Rock Quality Designation, se puede determinar a partir de:

- ✓ Trozos de rocas testigos mayores de 10 cm recuperados en sondeos
- ✓ Parámetro J_v , de la fórmula de Barton, que representa el número total de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1 m^3) del macizo rocoso.
- ✓ Teóricamente a partir de la densidad de las discontinuidades o frecuencia de las discontinuidades, por Hudson (1989).

Para el caso de estudio el cálculo del RQD se hará utilizando la fórmula de Barton, en función a J_v , es decir, el número total de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen del macizo rocoso y se estima a través de la Ecuación 1:

(1)

$$\mathbf{RQD} = 115 - 3.3 * J_v$$

Ante la dificultad de observar tridimensionalmente un afloramiento, el valor de J_v se suele determinar contando las discontinuidades de cada familia que interceptan una longitud determinada, midiendo perpendicularmente a la dirección de cada una de las familias (o en su defecto realizando la corrección necesaria con respecto a la dirección aparente de medida) que se expresa en la Ecuación 2:

(2)

$$J_v = \sum \frac{N^\circ \text{ de discontinuidades}}{\text{longitud de medida}}$$

Por ejemplo, para un macizo con tres familias de discontinuidades (J_1 , J_2 y J_3) se tiene la ecuación empírica de Palmstrom (1975), Ecuación 3:

(3)

$$J_v = \left(\frac{N^\circ J_1}{L_1} \right) + \left(\frac{N^\circ J_2}{L_2} \right) + \left(\frac{N^\circ J_3}{L_3} \right)$$

La longitud para medir dependerá del espaciado de cada familia, variando normalmente entre 5 y 10 metros.

Para estimar los parámetros de resistencia del macizo rocoso se hizo uso del criterio de rotura de Hoek Brown, el cual permite determinar el comportamiento mecánico del macizo a través de la resistencia media de sus materiales constituyentes.

Criterio de Hoek-Brown

El propuesto por Hoek y Brown (1980), es un criterio empírico de rotura no lineal valido para evaluar la resistencia de la matriz rocosa isótropa en condiciones triaxiales a través de una ecuación no lineal como se observa en la Figura18, mediante la

Ecuación 4:

(4)

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_i * \sigma_{ci} * \sigma_3 + \sigma_{ci}^2}$$

Donde σ_1 y σ_3 son los esfuerzos principales mayor y menor de rotura, σ_{ci} es la resistencia a compresión simple de la matriz rocosa y m_i es una constante que depende de las propiedades de la matriz rocosa.

El valor de σ_{ci} puede ser estimado en ensayos de laboratorio, mientras que el parámetro m_i puede obtenerse de la bibliografía cuando no se posible obtenerlo a partir de los ensayos triaxiales en la roca. El criterio expresado adimensionalmente, en términos de esfuerzos normalizados con respecto a σ_{ci} tiene la forma de la ecuación 5:

(5)

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{ci}} = \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + \sqrt{m_i * \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1}$$

La resistencia a la compresión simple viene dada por la expresión anterior sustituyendo $\sigma_3 = 0$, y la resistencia a tracción se obtiene resolviendo para $\sigma_1 = 0$ y $\sigma_3 = \sigma_1$ en la ecuación 6:

(6)

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} * \sigma_{ci} (m_i - (m_i^2 + 4))$$

En la Figura 18 se muestra la envolvente de falla construida a partir de ensayos de compresión simple, triaxiales y tracción directa.

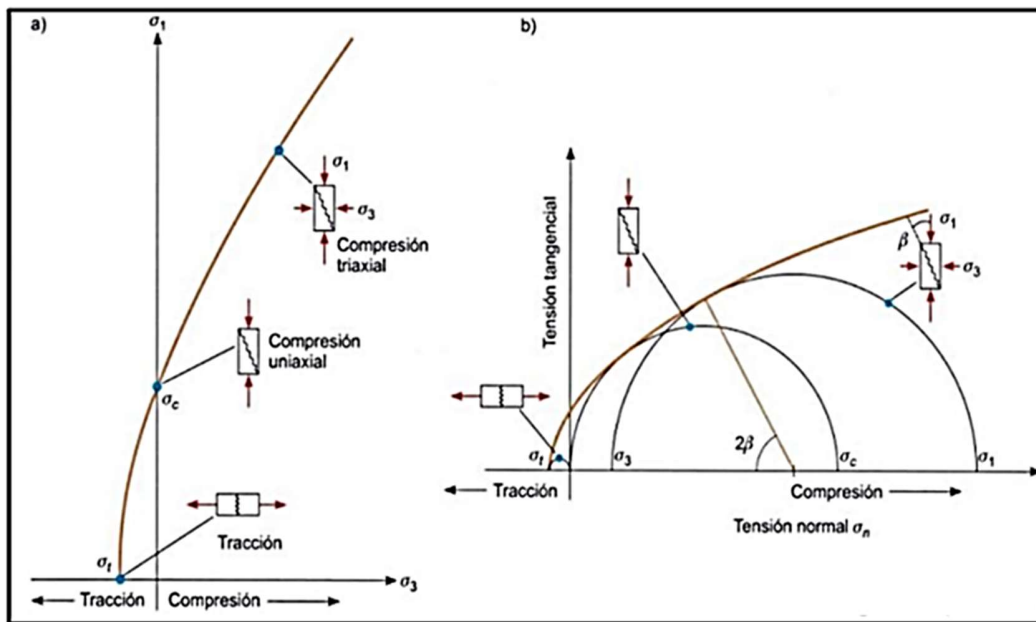


Figura 18. Envolventes de rotura del criterio de Hoek y Brown
 . Fuente: González de Vallejo (2002)

La envolvente de Hoek y Brown representa el comportamiento elástico de las rocas, cualquier cambio de esfuerzos normales y tangenciales que se encuentre debajo de la superficie de falla, están en un estado elástico y si se encuentran sobre esta se producirá la rotura, no pueden darse combinaciones por encima de la superficie de falla ya que la roca habría alcanzado la rotura.

La mayor parte de los programas de cálculo utilizan internamente el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, definido por la cohesión y la fricción del material rocoso. Por ello se han desarrollado las expresiones que permiten definir los parámetros de resistencia al corte a partir de los parámetros que definen las características de resistencia del macizo rocoso ("m" y del "s"), los cuales dependen del índice geológico de resistencia (GSI) por sus siglas en ingles Geological Strength Index, a través del cual se puede estimar la resistencia media global del conjunto constituido por los materiales rocosos isótropos y discontinuos (Perri, 1998).

Pimentel (2016), estudia la caracterización del macizo rocoso para obtener la calidad de dicho macizo a través del índice de calidad RMR de Bieniawski, efectuando la

descripción de cada uno de los parámetros que intervienen en la determinación de dicho índice. A través de este parámetro y los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción y de compresión, Pimentel logró estimar el comportamiento geomecánico del macizo, mediante el criterio de rotura de Mohr - Coulomb, el cual le arrojó parámetros de calidad que corresponde a una roca MODERADAMENTE DURA.

Estudio de Mercado.

Orjuela S. y Sandoval P. (2002) nos indican que el estudio de mercado es uno de los estudios más importantes y complejos que deben realizarse para la evaluación de proyectos, ya que, define el medio en el que habrá de llevarse a cabo el proyecto. En este estudio se analiza el mercado o entorno del proyecto, la demanda, la oferta y la mezcla de mercadotecnia o estrategia comercial, dentro de la cual se estudian el producto, el precio, los canales de distribución y la promoción o publicidad. Pero siempre desde el punto de vista del evaluador, es decir, en cuanto al costo/beneficios que cada una de estas variables pudiesen tener sobre la rentabilidad del proyecto. Este estudio es generalmente el punto de partida para la evaluación de proyectos, ya que, detecta situaciones que condicionan los demás estudios.

Objetivos del Estudio de Mercado

- Analizar el mercado de las materias primas y demás insumos indispensables para el proceso productivo.
- Estudiar el mercado competidor, es decir, a todas las empresas que forman parte de la industria en la que se llevará a cabo el proyecto.
- Comprender las características del medio externo o internacional que pueden influir el desempeño del proyecto.
- Conocer los posibles efectos que pueden tener los factores económicos, socioculturales, demográficos, tecnológicos, competitivos y político-legales del macroentorno, sobre las actividades que se vayan a desarrollar en el futuro.

- Caracterizar al usuario o consumidor potencial del producto gracias a una previa segmentación del mercado.
- Delimitar el área geográfica que va a ser atendida por el proyecto
- Estimar el comportamiento futuro de la demanda y de la oferta de bienes y servicios del proyecto.
- Planificar la estrategia de comercialización más adecuada a la naturaleza del bien y servicio del proyecto y a las características del usuario o consumidor.
- Definir las características generales del bien o servicio que se ofrecerá.
- Determinar la cantidad de bienes y servicios provenientes de la empresa del proyecto que los consumidores estarán dispuestos a adquirir.
- Estimar los precios a los cuales los consumidores estarán dispuestos a adquirir el producto y los productores a ofrecerlo.
- Describir el canal de distribución más adecuado, que es la ruta que toma el producto al pasar del productor al consumidor final.
- Describir la promoción y publicidad que se ocupará para la comunicación del posicionamiento del producto a los consumidores o clientes.

Planificación Minera

La planificación minera consiste en un complejo proceso de adaptación a los inevitables cambios o ciclos. Plá Ortiz y otros (2001), señalan que de la lectura de múltiples definiciones de planificación se puede lograr una impresión más completa de su significado. La planificación será anticipar el posible futuro, será un estilo de dirección, será una actitud mental y laboral más que una técnica, será una decisión o elección previa. Las clases de planificación que en una empresa deberán llevarse a cabo en función de las áreas en que se tendrán que tomar las decisiones, son: planificación administrativa, planificación operativa y planificación estratégica.

Diseño de minas a cielo abierto

Al momento de proyectar una mina a cielo abierto, Bustillo y López (1997), describen que se deben tener en cuenta cuatro grupos de parámetros: geométricos, que son función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente del terreno, límites de propiedad, entre otros; geotécnicos, dependientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento; operativos, referentes a las dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad; y finalmente, ambientales, referente a aquellos que permiten la ocultación a la vista de los Pit o escombreras y faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de los pasivos ambientales.

Parámetros geométricos que configuran una explotación de minería a cielo abierto

En relación con los parámetros geométricos que configuran una explotación de minería a cielo abierto se toma como referencia los establecidos por Bustillo y López, los cuales se detallan a continuación:

Banco: Es un módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota, de estéril o mineral, y que es objeto de excavación donde un punto del espacio hasta una porción final predeterminada.

Altura de banco: Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es igual, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza de este.

Ángulo del talud o ángulo del banco: Es el ángulo entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.

Talud de trabajo o ángulo de trabajo: Es el ángulo determinado por el pie de los bancos entre los cuales se encuentran algunos de los tajos o plataformas de trabajo. Es, pues, una pendiente provisional de la excavación.

Pistas o rampas: son estructuras varias dentro de una explotación, a través de las cuales

se extrae el mineral y el estéril, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la mina. Se caracteriza, fundamentalmente, por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada.

Rampa de acceso: Caminos de usos esporádicos que se utilizan para los accesos de los equipos, generalmente de arranque, a los frentes de explotación. Las anchuras son pequeñas y, al ser vías de un solo carril, las pendientes son superiores a las pistas.

Limites finales de la mina: son aquellas situaciones espaciales hasta que llegan las excavaciones. El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales lo determinan los taludes finales de la misma.

Bermas: son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la explotación sobre los taludes finales, que ayudan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad. El intervalo de las bermas y su anchura, así como el ángulo de talud, se establece por condiciones geotécnicas y de seguridad y, en condiciones, por consideraciones operativas si se utilizan como pistas de transporte.

Talud final o ángulo de talud final: es el ángulo del talud estable determinado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza superior.

Ancho de banco: La anchura de trabajo es definida por Bustillo y López (1997), como la suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos. Los espacios operativos para considerar en este diseño se pueden observar en la Figura 19, siendo (s) la distancia hasta el borde del banco diseñada como zona de seguridad; (p) será el espacio que ocupe la máquina perforadora; (c) la zona de maniobras de la máquina que realice la carga, su anchura desde el frente del tajo, hasta la zona de seguridad, debe ser por lo menos 1,5 veces la longitud de la cargadora; (t) dependerá del diseño de la vía y de la configuración de carga que se escoja.

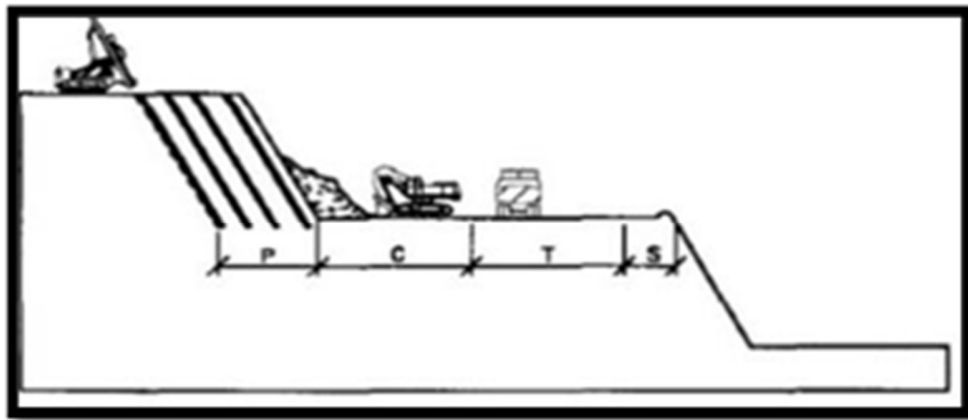


Figura 19. Ancho de trabajo
Tomado de: Bustillo y López (1997).

Bermas

Para el correcto diseño de bermas, Bustillo y López (1997), proponen que cuando en las explotaciones se produzcan, con frecuencia, desprendimientos de los taludes y sea necesario trabajar en los niveles inferiores, o cuando se vaya a abandonar las minas, pueden construirse banquetas de material suelto, a modo de cordones o muros para la protección en las propias bermas y para que retengan el material caído desde una cierta altura. Para facilitar el proceso de diseño se presenta la Tabla 2 con valores referenciales tomada de Bustillo y López (1997):

Tabla 3. Diseño de Berma

Altura de banco (m)	Zona de Impacto (m)	Altura de banqueta (m)	Anchura de banqueta (m)	Anchura mínima de la berma (m)
15	3,5	1,5	5	7,5
30	4,5	2	5,5	10
45	5	3	8	13

Tomado de: Bustillo y López (1997).

Otra forma propuesta por los autores para calcular estos parámetros para otra altura diferente a las especificadas sería utilizando las siguientes expresiones descritas en las Ecuaciones 7 y 8.

(7)

Anchura mínima de la berma= $4,5 \text{ m} + 0,2 * H \text{ (m)}$

(8)

Altura mínima de la banquetta= $1 \text{ m} + 0,04 * H \text{ (m)}$

Donde H es la altura del banco de trabajo.

Pistas y Rampas

El diseño de pistas es uno de los aspectos más importante de la planificación minera y debido a su efecto sobre todas las actividades que se desarrollan en las explotaciones, es necesario considerar las pistas dentro de la planificación en una etapa tan temprana como sea posible. Las explotaciones pueden diseñarse inicialmente sin las pistas, sin embargo, después de que una explotación es diseñada económicamente, si las pistas están ausentes, los cambios necesarios para introducirlas en una configuración real son frecuentemente drásticos, tanto en términos de tonelaje como en la forma del hueco final de explotación. (Bustillo y López 1997).

• **Ancho de vía:** Debe ser suficientemente amplia y se calcula con la ecuación 9:

(9)

$$\text{Ancho de vía} = 2AC + AZ + AB + DS$$

Donde:

AC: Ancho del camión.

AZ: Ancho de la zanja.

AB: Ancho de berma.

DS: Distancias de seguridad.

Pendiente de las vías: Es la relación que existe entre el desnivel que se debe superar y la distancia en horizontal hay que recorrer, lo que equivale a la tangente del ángulo que forma la línea a medir con el eje x, que sería el plano. La pendiente se expresa en tantos

por ciento o en grados; y para calcular una pendiente basta con resolver la ecuación 10.

(10)

$$\text{Pendiente (\%)} = \frac{\text{Distancia vertical}}{\text{Distancia horizontal}} \times 100$$

Estará definida por la potencia de los vehículos, la media para camiones es 8%. La mejor pendiente será aquella que permita obtener el ciclo de tiempo menor en el transporte.

Peralte: Cuando un vehículo entra en una curva, además del peso y la reacción que el rozamiento, debido a la rotación produce en el terreno, aparece una nueva fuerza: la centrífuga. Esta fuerza origina dos peligros para la estabilidad del vehículo, el deslizamiento vertical y el peligro de vuelco. Para contrarrestar la fuerza centrífuga el peralte es calculado a partir de la siguiente Ecuación 11:

(11)

$$e + f = v^2 / 127,14 R$$

dónde:

e : tangente del ángulo de la superficie con la horizontal

f : coeficiente de fricción

v : velocidad en km/h

R : radio de curva en metros.

Transición del peralte: En las uniones de tramos con diferentes peraltes es preciso establecer la longitud de pista en la que el peralte varía en forma gradual, y establece una zona de transición donde se trabaja con un gradiente de velocidad y pendiente transversal en una longitud de aproximadamente 30 m.

Visibilidad: Es importante para la seguridad la capacidad del conductor para ver a tiempo un riesgo potencial, por lo que deben evaluarse las distancias de frenado partiendo de una velocidad media hasta detener totalmente el vehículo, y en función de

esta distancia se establecen y evalúan los puntos de visibilidad más cerrada, tales como curvas.

Pendiente transversal o bombeo: Con el fin de conseguir un desagüe efectivo hacia los bordes debe darse una coronación el eje de la pista respecto a los bordes. Está pendiente es del 1 o 2%.

Sobreanchos: Los sobreanchos se utilizan para servicios, seguridad y otros, y dependen del largo de la vía. Para calcular los sobreanchos, se utiliza la Ecuación 12.

(12)

$$F = \frac{2 * \left[R - (R^2 - L^2)^{1/2} \right] * 5.8}{R^2}$$

Dónde:

F: sobreanchos (m)

R: radio de curvatura (m)

L: distancia entre ejes del volquete (m)

Bermas mineras: Las bermas mineras consisten en un material en pila a los bordes de la vía de aproximadamente el 60 o 70% de la altura del caucho, y que actúa como soporte en el caso de volcamientos.

Equipos mineros

En minería a cielo abierto, generalmente se emplean equipos de gran tamaño y de gran capacidad de arranque, carga y acarreo, para lograr mejorar los procesos productivos en toda la etapa de la mina. El grado de mecanización va a depender del método a desarrollar en función de las condiciones físicas del yacimiento.

Según ITGE (1995), los equipos más utilizados en minería a cielo abierto, para efectuar las operaciones de mina son:

Palas Frontales: Equipo de gran maniobrabilidad, movilidad y versatilidad de gran

popularidad tanto en obras públicas como en minería a cielo abierto. Es empleado para la carga y acarreo de material en distancias cortas. Su configuración básica consta de un cazo o balde accionado hidráulicamente ubicado en la parte delantera del chasis, sobre el cual se monta el motor en la parte trasera. El tren de rodaje puede ser sobre orugas o sobre ruedas, siendo este último es más utilizado. (Ver figura 20)



Figura 20: Cargador frontal de ruedas.
Fuente: Web, Caterpillar, fecha de consulta: Mayo (2024).

Equipos para el transporte del material: El transporte de materiales y minerales en una mina a cielo abierto es muy variado dependiendo de las distancias al botadero (escombrera) o planta de beneficio, del material que se esté acarreado de los volúmenes de producción entre otros, de los sistemas de transporte más utilizados tenemos las volquetas o camiones como se observa en la figura 21.



Figura 21. Camión roquero articulado
Fuente: Web, BELL, fecha de consulta: Mayo (2024).

Equipos utilizados para operaciones auxiliares:

Motoniveladora: Sirve de apoyo en las labores de mantenimiento de las vías de acarreo, trabajos de nivelación de vías en obras mineras y civiles, entre otras actividades. (Ver figura 22).



Figura 22. Motoniveladora

Fuente: Web, BELL, fecha de consulta: Mayo (2024).

Camiones de Agua: Utilizados en el mantenimiento de vías y en el control de polvo para minería a cielo abierto. (Ver figura 24).



Figura 23. Camión cisterna.

Fuente: Web, BELL, fecha de consulta: Mayo (2024).

Software RecMin free (Recursos Mineros).

Es un Software libre diseñado y programado por el Dr. César Castañón Fernández, con el cual se pueden gestionar proyectos de Investigación y Explotación de recursos minerales. Es un programa gratuito que se puede obtener de manera libre de internet. El Software permite realizar modelamientos geológicos en 3D, estimación de recursos, así como topografía y diseño de mina superficial y subterránea. Es un software geológico-minero que puede ser empleado por consultores, empresas mineras, Universidades y en forma general por cualquier usuario, en la figura 24 se muestra el interfaz de inicio del Software.

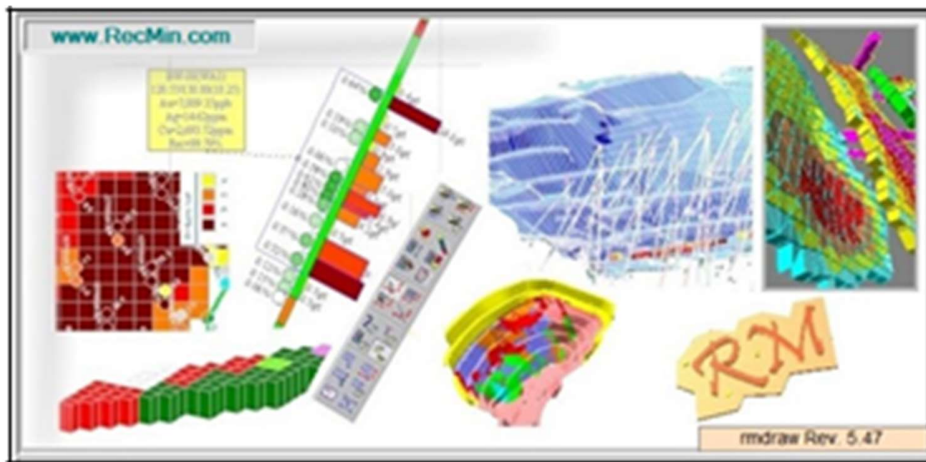


Figura 24. RecMin Free (Recursos Mineros)
Fuente: Portal Web Software RecMin.

Estructura del Software RecMin free: El programa RecMin está compuesto por 5 módulos de aplicación:

1. Módulo de yacimientos = RMYac.exe; es donde se crea o se añade los yacimientos o proyectos a estudiar
2. Módulo de edición = RMEdit.exe; se puede borrar, añadir, ver y modificar las bases de datos o tablas asociadas a los sondeos.
3. Módulo de dibujo = RMDraw.exe; se diseña o edita de forma gráfica el yacimiento, considerando los datos topográficos.
4. Módulo 3D = RM3D.exe; permite ver los objetos en una vista tridimensional, en la cual se puede fácilmente, mediante movimientos de ratón, girar, hacer zoom, cambiar la iluminación, hacer transparencias, volar sobre los objetos, etc.
5. Módulo de seguridad = RMSeg.exe; Es una gran ventaja del programa que permite programar las copias de seguridad de ficheros y/o carpetas en periodos, diarios, semanales, etc. de tal forma que se realicen estas durante la noche o en las horas de descanso.

Variables controlables de perforación y voladura

De acuerdo con Herrera & Castillas (2013). Que definen los parámetros controlables de perforación y voladuras, se presentan a continuación las siguientes definiciones:

Retiro

Fórmula de C. Konya

Determina el retiro con base en la relación entre el diámetro de la carga explosiva y la densidad, tanto del explosivo como de la roca, según la Ecuación 13:

(13)

$$B = 11,8 \cdot D \cdot \left[2 \cdot \frac{de}{dr} + 1,5 \right]$$

Donde:

B: Retiro máximo en milímetros

D: diámetro del barreno milímetros

de : densidad del explosivo

dr : densidad de la roca

Espaciamiento

En la práctica, normalmente es igual al retiro para malla de perforación cuadrada $S = B$ y de $S = 1,3$ a $1,5 B$ para malla rectangular o alterna. Para las cargas de precorte o voladura amortiguada (Smooth blasting) el espaciamiento en la última fila de la voladura generalmente es menor: $S = 0,5$ a $0,8 B$ cuando se pretende disminuir el efecto de impacto hacia atrás.

En voladura con detonadores de retardo el espaciado promedio es aproximadamente la relación de la Ecuación 14

(14)

$$S = (1,4 \times B)$$

Sobre perforación

Sobreperforar es importante en los taladros verticales para mantener la rasante del piso. Si resulta corta normalmente reproducirán lomos, pero si es excesiva se produciría sobre excavación con incremento de vibraciones y de los costos de perforación. En la práctica, teniendo en cuenta la resistencia de la roca y el diámetro de taladro, se estima los siguientes rangos:

Tipo de Roca Sobreperforación (Sp)

- Blanda a Media 10 - 11 Øb
- Dura a Muy Dura 12 Øb

Taco

Normalmente el barreno no se llena en su parte superior o collar, la que se rellena con material inerte que tiene la función de retener a los gases generados durante la detonación, sólo durante fracciones de segundo, suficientes para evitar que estos gases fuguen como un soplo por la boca del barreno y más bien trabajen en la fragmentación y desplazamiento de la roca en toda la longitud de la columna de carga explosiva. (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Relación de taco Vs resistencia a la compresión de la roca

Variable de Diseño	Resistencia a la compresión simple (MPa)		
	Roca Blanda (<70 MPa)	Roca Media-Dura (70 – 180 MPa)	Roca Muy Dura (> 180 MPa)
Taco (T)	40 Øb	32 Øb	25 Øb

O igual a la longitud de retiro (Ecuación 15)

(15)

$$T=B$$

Longitud o Profundidad de la Perforación (L)

La longitud del barreno tiene marcada influencia en el diseño total de la voladura y es factor determinante en el diámetro, retiro y espaciado. Es la suma de altura de banco más la sobre perforación necesaria por debajo del nivel o razante del piso para garantizar su buena rotura y evitar que queden lomos o resaltos (toes), que afectan al trabajo del equipo de limpieza y deben ser eliminados por rotura secundaria.

Para perforaciones verticales que son los más aplicados en las voladuras a Cielo Abierto con barrenos de gran diámetro, la Longitud de la Perforación se ajusta a la ecuación 16:

(16)

$$L = H + Sp$$

Sin embargo, en muchas canteras de pequeña envergadura se perforan taladros inclinados, en los cuales la longitud de taladro aumenta con la inclinación, pero, por lo contrario, la sobreperforación (Sp) disminuye, estimándose por la ecuación 17.

(17)

$$L = \left(\frac{H}{\cos\beta} \right) + 1 - \left[\left(\frac{\beta}{100} \right) \times Sp \right]$$

Concentración de Carga

Es la carga explosiva y potencia requerida del barreno para romper un volumen determinado de roca, generalmente se busca la parte más confinada y garantizar la rotura de la roca para. (ecuación 18)

(18)

$$qf = \rho \exp \left(\frac{\emptyset_{expl}}{36} \right)^2$$

Factor de carga

Es la cantidad de explosivo necesaria para fragmentar 1 m³ de roca. Se expresa en kg/m. La carga específica es una excelente unidad referencial para el cálculo de la carga total de un disparo, pero no es el mejor parámetro de por sí, ya que la distribución de este explosivo en la masa de la roca mediante los taladros tiene gran influencia en los efectos de fragmentación y desplazamiento, es decir, en el resultado de la voladura. (Ecuación 19).

(19)

$$Fc = \frac{Qb}{Va}$$

CAPÍTULO IV

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de Investigación

Es un informe de campo del tipo descriptivo. Es de campo puesto que, se tomarán mediciones directamente en la zona de estudio y es descriptivo ya que se pretende describir los parámetros a considerar durante el desarrollo del plan minero a mediano plazo propuesto para los frentes 5 y 6 de Mina 2 de la empresa canteras del distrito capital s.a.

4.2 Diseño de la Investigación

Este trabajo tiene un diseño de tipo no experimental transeccional debido a que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, si no que se consideran los escenarios actuales que presenta la empresa, como topografía, geología presente en el macizo rocoso, equipos móviles operativos, situación actual del mercado, con la finalidad de elaborar una correcta secuencia de extracción que permita aumentar la producción de la cantera.

4.3 Población y Muestra

La población está definida por la empresa Canteras del Distrito Capital S.A. y la muestra será integrada por los niveles 5 y 6 de Mina 2, donde se planifica la extracción para un periodo de tiempo.

4.4 Métodos y Herramientas de Recolección de Datos

Métodos

Los métodos utilizados para realizar la toma de muestra en campo y efectuar los ensayos geomecánicos y granulométricos se describen mediante las siguientes normas:

Normas técnicas para la toma de muestras durante el proceso de producción de agregados:

- ✓ NTC 129. Toma de muestras de agregados.
- ✓ NTE 695. Muestreo de agregados.
- ✓ NTC 3674. Reducción del tamaño de las muestras de agregados, tomadas en campo, para la realización de ensayos.
- ✓ UNE 22-175. Granitos Ornamentales.
- ✓ UNE 22-185. Mármoles y calizas ornamentales.

Norma COVENIN

- ✓ 27-1998. Agregados. Extracción de muestras para morteros y concreto.
- ✓ 277-2000. Concretos. Agregados, requisitos.
- ✓ 255-1998. Agregados. Determinación de la composición granulométrica.
- ✓ 2232-85. Ensayo de tamizado.
- ✓ 1465-79. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de la piedra natural para la construcción.

Normas ASTM por sus siglas en inglés: American Society for Testing Materials:

- ✓ C 136 - 01, Método estándar para análisis por tamizado.
- ✓ D-422, Análisis granulométrico por tamizado.
- ✓ D7012-10, para el ensayo de Compresión Uniaxial.
- ✓ D7531-08, para el ensayo de Tracción Indirecta (Brasilero).

Herramientas

Las herramientas utilizadas para recabar la información necesaria a fin de obtener resultados para la investigación:

Programas computacionales:

- ✓ Software en versión demo Grapher 11®.

- ✓ Software Rock Data en versión demo.
- ✓ Software Minero RECMIN ® version 7.03
- ✓ Software Dips (v6.0).
- ✓ Hoja de cálculo

Para el registro de observación en campo se realizó una serie de fichas técnicas donde se muestran las especificaciones más relevantes de los equipos Móviles y fijos. Así mismo se efectuó una revisión bibliográfica para conocer estudios anteriores relacionados con las condiciones de estos.

Esquema metodológico

En el esquema metodológico mostrado en la Figura 25 se puede apreciar las etapas desarrolladas para cumplir con los objetivos de la investigación, las cuales fueron definidas de la siguiente manera;

- ✓ Etapa I: Trabajo de Campo
- ✓ Etapa II: Ensayos
- ✓ Etapa III: Caracterización del Macizo Rocosos
- ✓ Etapa IV: Trabajo de Oficina

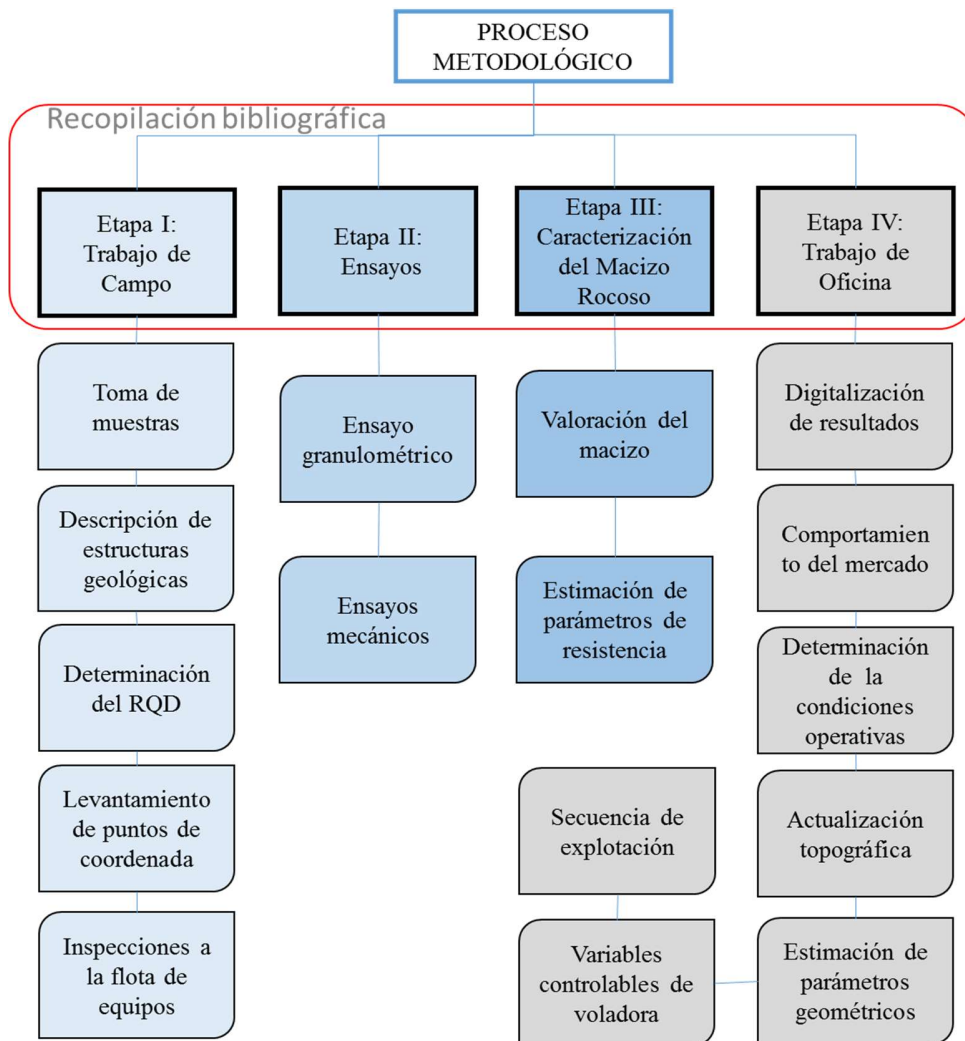


Figura 25. Esquema metodológico

Descripción de la Metodología de la Investigación:

La metodología empleada en esta investigación se dividió en cuatro etapas principales:

Etapa I: Trabajo de Campo

1. Toma de muestras en el frente de explotación: Se realizaron visitas al área de estudio para obtener muestras representativas de roca del material producto de la voladura, con dimensiones adecuadas para ensayos posteriores (Compresión simple y tracción indirecta).

2. Descripción de estructuras geológicas: Se efectuó una descripción detallada de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso, siguiendo la metodología propuesta por González de Vallejo (2002) y considerando los parámetros de la clasificación de Bieniawski.
3. Determinación del RQD mediante el parámetro J_v : Debido a la falta de testigos de perforación (la empresa, no contaba con los recursos necesarios para llevar a cabo perforaciones con recuperación de testigos) el índice RQD se determinó a través del parámetro J_v , contando las discontinuidades que interceptaban una longitud determinada y aplicando las correcciones necesarias según la orientación.
4. Levantamiento de puntos de coordenada y elevación con la ayuda de los instrumentos de medición como, GPS y cinta métrica con el objeto de levantar los puntos para efectuar la actualización topográfica de la zona de estudio.
5. Cuantificación y caracterización de los datos técnicos mediante inspecciones a la flota de equipos móviles, en el patio automotor de la empresa, aquí se tomó la información necesaria para determinar la operatividad de estos equipos, igualmente se realizaron recorridos en las plantas de beneficio mineral con la finalidad de cotejar los puntos críticos y operatividad de estas.

Etapa II: Ensayos

Ensayo granulométrico: De cada uno de los productos generados en las plantas de beneficio se les efectuó un análisis granulométrico para determinar su distribución de tamaños o gradación de los agregados. Los resultados obtenidos fueron presentados de forma gráfica, en las fichas técnicas de los productos.

Ensayos mecánicos: Se realizaron ensayos de compresión simple y tracción indirecta en muestras de roca extraídas, las cuales fueron preparadas en el Laboratorio de Mecánica de Rocas "Prof. Miguel Castillejo" de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

Extracción y corte de las muestras en el Laboratorio de Mecánica de Rocas "Prof.

Miguel Castillejo" de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Facultad de Ingeniería, para obtener especímenes requeridos (cilindros de roca y cubos). (Ver Figura 26)



Figura 26. Extracción y corte de las muestras

Rotulado de las muestras para llevar un control del número de ensayos a realizar, siguiendo la numeración del libro de asientos del Laboratorio (Ver Figura 27).



Figura 27. Rotulado de muestras para ensayo a la Compresión Simple.

Pulido de las superficies de los especímenes destinados a ensayos de compresión simple (Ver Figura), con el fin de garantizar caras paralelas y libres de irregularidades, asegurando así una distribución uniforme de los esfuerzos aplicados durante el ensayo.

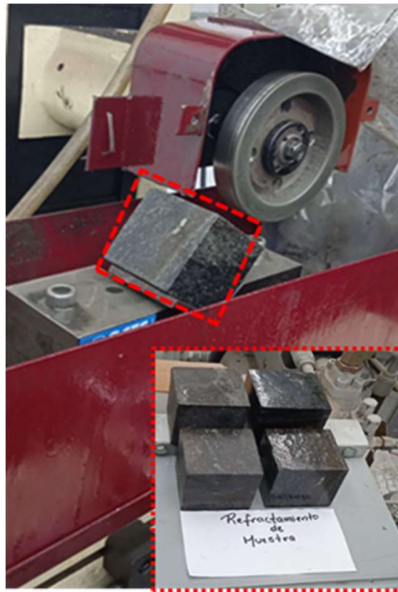


Figura 28. Pulido de muestra para ensayo de compresión Uniaxial

Medición precisa de las dimensiones (longitud, diámetro, etc.) de cada espécimen una vez que sus caras se encontraban debidamente pulidas y paralelas, previo a la realización de los ensayos.

De esta manera, se prepararon adecuadamente las muestras de roca, siguiendo procedimientos estandarizados y buenas prácticas de laboratorio, para llevar a cabo los ensayos mecánicos de compresión simple y tracción indirecta.

Etapa III: Caracterización del Macizo Rocoso

1. Valoración del macizo según el índice RMR: Se interpretaron y procesaron los resultados de la descripción de estructuras geológicas y los ensayos de compresión simple para determinar la calidad global del macizo utilizando el índice RMR de Bieniawski, en el cual se asignó una puntuación a cada parámetro geomecánico.
2. Estimación de parámetros de resistencia: Se empleó el criterio de falla de Hoek-Brown para estimar los parámetros de resistencia del macizo rocoso, ajustando la envolvente de falla a partir de los resultados de resistencia a la compresión y

tracción.

Etapa IV: Trabajo de Oficina

1. Digitalización de resultados: Los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio se digitalizaron en formatos estandarizados, reflejando los parámetros más relevantes y la codificación de las muestras de acuerdo con lo estipulado en el libro de asiento para el registro de esta que reposa en el Laboratorio “Prof. Miguel Castillejo” de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica.
2. Para realizar la evaluación de comportamiento del mercado y así conocer la demanda de agregado, se efectuaron diversas tareas como las fichas técnicas de los productos generados por la empresa, se ubica y caracteriza las empresas que general productos similares mediante revisión bibliográfica, se clasificó la cartera de clientes, con el fin de conocer la demanda que presenta la empresa, mediante históricos de la comercialización de los agregados.
3. De las inspecciones de campo y revisión bibliográficas para determinar la condiciones operativas de los equipos móviles y las plantas de beneficio mineral, se obtuvieron datos los cuales se materializados en fichas técnicas y gráficas tipo torta donde se muestra porcentaje de maquinarias operativas y no operativas, para las evaluación de las plantas se identificaron los puntos críticos señalados en las investigaciones y se verifico si la empresa implemento las adecuaciones propuestas, finalmente se estimó la procesamiento mensual durante el año 2023 este se representa en una tabla de producción.
4. Con el procesamiento de los datos topográficos levantados en campo y la topografía existente en el plan de explotación se realizó la actualización topográfica de los niveles de interés.

5. Empleando las características extraídas de los manuales técnicos de los equipos móviles, simplificados en tablas, se calcularon los parámetros geométricos de los niveles de extracción y con la actualización de la topografía se modelará en el software minero RecMin, además se analizará los datos concernientes al plan de explotación a largo plazo que presenta la empresa y se compararon con los datos calculados.
6. En primer lugar, se clasificó en una tabla los parámetros de entrada o los datos necesarios para calcular las variables controlables para el diseño del patrón de perforación y voladura, igualmente el resultado se muestra en una tabla, se estima la cantidad de material planificado para satisfacer la demanda ajustado a la capacidad operativa de la empresa según la configuración de trabajo de las maquinarias disponibles en los frentes de mina. Finalmente se determina la cantidad de material explosivo requerido para alcanzar producción estimada y cumplir con los planes de avance en los niveles.
7. El modelamiento de la secuencia de explotación se realiza con la ayuda del Software Minero Recmin versión 7.03, en esta última fase los resultados se muestran en imágenes las cuales se aprecia y señalan la dirección y orden de avance para la explotación de los niveles 5 y 6, se calcula el volumen que existe en los niveles indicados, y se cuantifica en una tabla la cantidad de explosivos necesarios para extraer este volumen tomando en cuenta los parámetros de voladura propuestos.

En cada etapa, se aplicaron técnicas y criterios ampliamente aceptados en el ámbito de la mecánica de rocas y la ingeniería geológica, asegurando la rigurosidad y confiabilidad de los resultados obtenidos. La metodología permitió caracterizar de manera integral las propiedades geomecánicas del macizo rocoso en los frentes de explotación estudiados.

CAPÍTULO V

5. RESULTADO Y ANALISIS

5.1 Característica Mecánico-Estructurales del Macizo Rocoso en los Frentes de Explotación 5 y 6 De Mina 2

Para la evaluación y determinación de las características mecánicas-estructurales del macizo rocoso en los frentes de explotación 5 y 6 de Mina 2, se llevó a cabo un análisis de la geología local, incluyendo la identificación de las principales discontinuidades y la evaluación de la resistencia y deformabilidad de las rocas. Se examinó la distribución y orientación de las discontinuidades, así como las condiciones hidrogeológicas que pueden influir en la estabilidad del macizo rocoso. A continuación, se presentan los resultados de la clasificación del macizo, abarcando desde su descripción geológica hasta su valoración en términos de estabilidad y comportamiento mecánico:

Descripción del afloramiento

El afloramiento principal de la Mina 2 está dividido en 7 bancos de explotación, y se encuentra emplazado en una de las montañas que conforman el área de concesión de la empresa. Los bancos tienen una altura de 15 m y ángulo de cara libre de 70°.

El área del afloramiento seleccionada para el estudio comprende los frentes 5 y 6 con una extensión lateral de 150 m aproximadamente, y una altura promedio de 30 m. En esta zona se observa una intercalación de esquistos cuarzo-micáceos muy meteorizados de colores rojizos con esquistos muscovítico-grafitosos asociados con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas piritosas de tonos verdosos, algunas con estructuras de "boudinage".

En la Figura 29 se puede observar lo antes descrito.



Figura 29. Frentes de estudio pertenecientes al afloramiento de la Mina 2.

A gran escala, se destacan entre los rasgos estructurales observables las estructuras de deformación, tales como planos de diaclasa y planos de foliación característicos del esquisto. Esta configuración permite establecer, como rasgo estructural general, un macizo rocoso fracturado debido a las dos litologías predominantes y al tectonismo de la zona. Estas características concuerdan con la descripción geológica regional de Urbani y Ostos (1989) en el Léxico Estratigráfico de Venezuela.

Debido a la exposición a agentes atmosféricos como cambios de temperatura y precipitaciones, el macizo rocoso de la cantera presenta distintos grados de meteorización en su matriz. Según las tablas para observaciones de campo de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981), este grado de alteración varía desde roca sana hasta roca muy meteorizada en dirección oeste del afloramiento, especialmente en las zonas adyacentes a las vías de acceso. La transición de color de la roca, que cambia de un marrón ocre a un rojo mate oscuro, refleja la alteración química de los minerales constituyentes, tal como se detalla en Tarbuck y Frederick (2005). Este proceso de meteorización es impulsado principalmente por la presencia de agua y las fluctuaciones térmicas, que aceleran la descomposición de los minerales, afectando tanto la cohesión como la estabilidad del macizo rocoso.

Durante las observaciones realizadas para estimar el comportamiento hidrogeológico del macizo, no se detectó humedad en las paredes frescas y meteorizadas de la roca expuesta en la base de ambos bancos del afloramiento. Este hallazgo coincide con la información proporcionada por la empresa en el plan de explotación de la cantera (Cantera del Distrito Capital, C.A, 2022), donde se informa que hasta la fecha no se ha registrado humedad en los detritus de perforación. Por lo tanto, se puede inferir que no hay presencia significativa de agua en los niveles actualmente trabajados. La ausencia de humedad en estos niveles es un factor crucial para la estabilidad del macizo, ya que la presencia de agua puede reducir la resistencia al corte de las rocas y aumentar la presión intersticial, ambos factores que podrían comprometer la integridad estructural del macizo rocoso.

Zonificación del área de estudio

La evaluación de los parámetros geotécnicos en los frentes de explotación 5 y 6 del afloramiento se llevó a cabo considerando los sectores homogéneos. Aunque ambos frentes pertenecen al mismo yacimiento, presentan características estructurales ligeramente diferentes, tal como se detallará en los apartados subsiguientes. Por esta razón, se decidió dividir el área de estudio en dos zonas, correspondientes a cada frente de explotación, para una mejor comprensión y análisis de sus particularidades geotécnicas, siendo estas las siguientes:

Zona A: Corresponde al Nivel 5 en el cual se observa el afloramiento menos alterado por agentes atmosféricos, con una extensión vertical de 15 m y una extensión lateral que alcanza aproximadamente los 150 m. Las capas de esquisto presentan un grado de fracturación que varía de bloques grandes a pequeños a medida que nos acercamos a las áreas adyacentes a las vías. Los bloques son de roca sana y poco meteorizada en las caras expuestas.

Zona B: Corresponde al Nivel 6 y representa el área más afectada del afloramiento, está caracterizada por rocas altamente meteorizadas y diaclasadas, con un espaciamiento notable entre los bloques. En este nivel, se pueden observar rocas

anfíbolicas con estructuras de "boudinage" y cristales de pirita, evidenciando procesos de deformación significativa y alteración mineralógica. Esta combinación de características resalta la complejidad geológica y los desafíos geotécnicos asociados a esta zona del afloramiento.

En la Figura 30, se muestra la representación gráfica de las zonas seleccionadas para el estudio.



Figura 30. División por zona del frente del afloramiento principal de la Mina 2.

Evaluación de las discontinuidades

Las discontinuidades influyen directamente en las propiedades y el comportamiento resistente, deformacional e hidráulico de los macizos rocosos. Por lo tanto, es necesario definir sus características y propiedades ya que de esta forma se puede determinar cómo el macizo rocoso se comportará bajo cargas, su capacidad de deformación, y su permeabilidad al flujo de agua. Continuación se definen las características y propiedades de estas:

- **Elementos de yacencia**

En la zona de estudio se identificaron y midieron varios sistemas de discontinuidades, denominados D1, D2, D3 y F1. En la Zona A, se reconocieron cuatro familias de

discontinuidades, compuestas por tres familias de diaclasas y una familia de foliación. Por otro lado, en la Zona B se identificaron cuatro familias de discontinuidades, consistentes en tres familias de diaclasas y una de foliación. El espaciamiento entre estas discontinuidades varía considerablemente, lo que refleja las diferencias en el grado de fracturación que presentan los bancos. Esta variabilidad en el espaciamiento y la orientación de las discontinuidades influye directamente en la estabilidad y el comportamiento mecánico del macizo rocoso, afectando aspectos como la resistencia al corte, la deformabilidad y la permeabilidad del sistema. Evaluar estas características es esencial para diseñar medidas de sostenimiento adecuadas y garantizar la seguridad de las operaciones mineras.

Tabla 5. Sistemas de discontinuidades identificados en el área de estudio.

Familia	ZONA A (NIVEL 5)			ZONA B (NIVEL 6)		
	Rumbo	Ángulo de buzamiento	Espaciado (m)	Rumbo	Ángulo de buzamiento	Espaciado (m)
F1	N69E	74S	0,30	N37E	19S	0,40
D1	N67W	64S	0,50	N66W	69S	0,60
D2	N40E	69N	0,50	N65E	78N	0,40
D3	N41W-	76S-	0,70	N69E	50S	0,30

En la Figura 31 y 32 se representa gráficamente la orientación de las principales familias de discontinuidades presentes en la Zona de estudio (Nivel 5 y 6), en las cuales se aprecia la concentración de los polos junto con el plano que forma la orientación medidas en campo.

FAMILIA DE DISCONTINUIDADES NIVEL 5

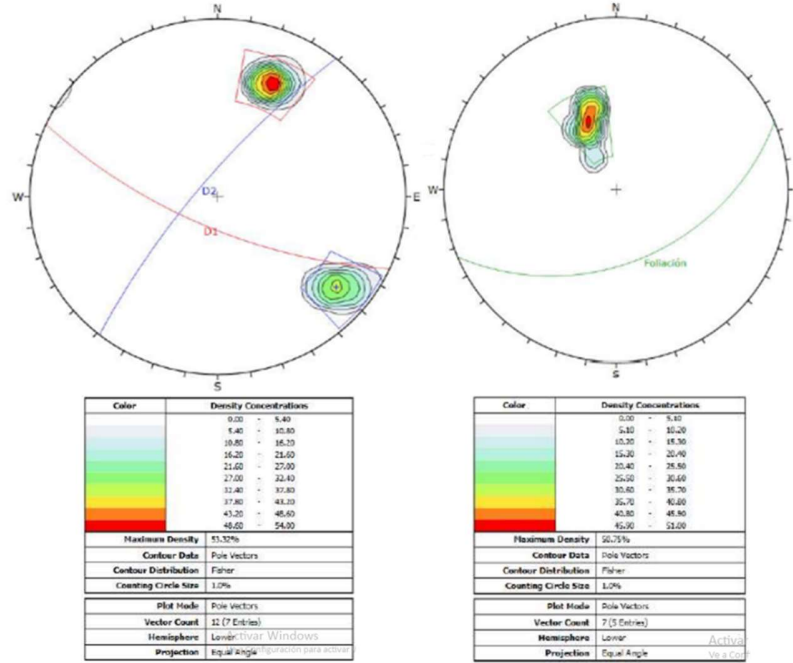


Figura 31. Principales familias de discontinuidades pertenecientes al Nivel 5. Elaboración propia, software Dips V6.0

FAMILIA DE DISCONTINUIDADES NIVEL 6

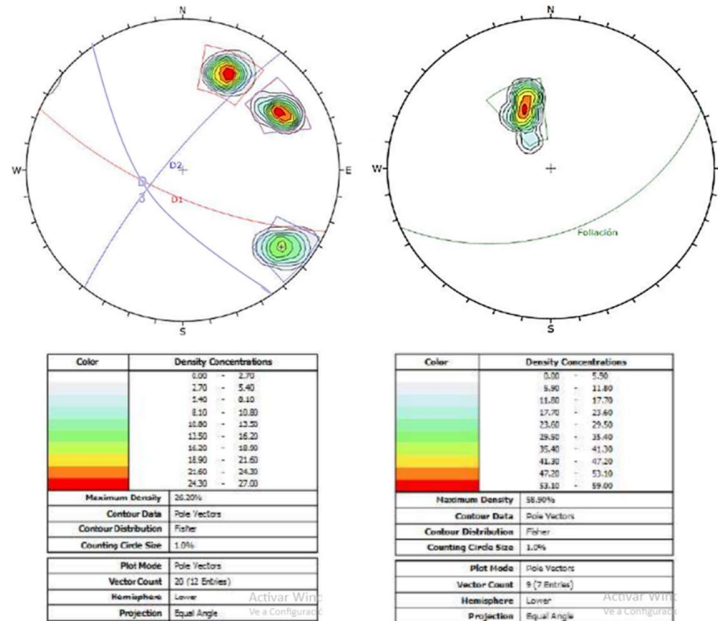


Figura 32. Principales familias de discontinuidades pertenecientes al Nivel 6. Elaboración propia, software Dips V6.0

La geometría de los bloques en los diferentes niveles del afloramiento se define por la variación en los valores de rumbo y buzamiento de las estructuras estudiadas, como se muestra en la Tabla 5. Estas variaciones indican cómo las fuerzas tectónicas y los procesos geológicos han afectado la disposición de las capas y fracturas rocosas.

Los valores de espaciado, que varían de unos pocos centímetros a 1 o 2 metros, tienen un impacto directo en el comportamiento mecánico del macizo. Los procesos de deformación y rotura estarán controlados por las propiedades de los planos de debilidad, conforme a lo establecido por el ISRM (1981). Este espaciado influye en la estabilidad y la resistencia del macizo rocoso, afectando su capacidad para soportar cargas y su susceptibilidad a la fracturación. A continuación, se presentan las familias de discontinuidades identificadas en el frente 5 y 6 del afloramiento, las cuales son cruciales para comprender la dinámica geotécnica del área estudiada

- **Zona A (Frente de explotación 5):**

Para ilustrar las discontinuidades presentes en la Zona de estudio A, se presenta la Figura 33. En esta figura, se puede observar la familia 1 de diaclasas paralelas del Nivel 5, tal como se describe en la Tabla 5.

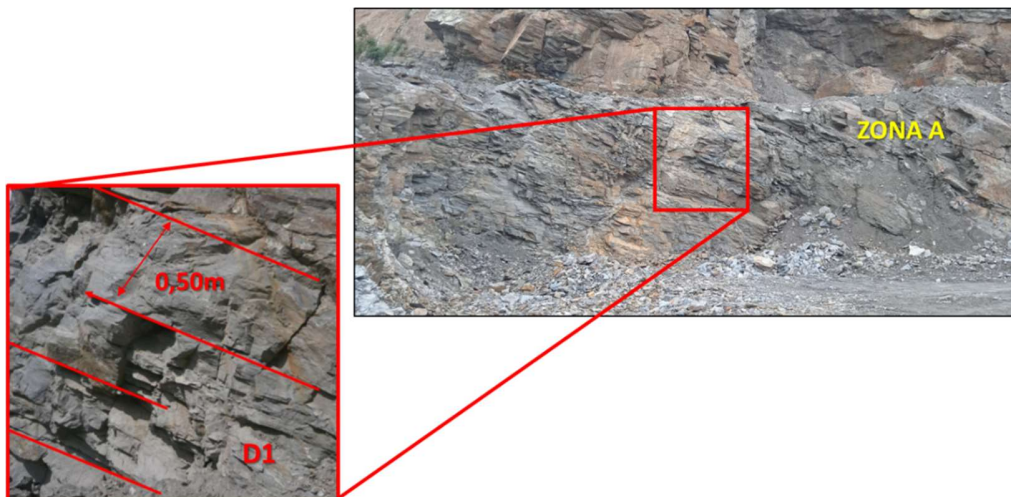


Figura 33. Familia de diaclasas D1 del Nivel 5 Mina 2.

Zona B (Frente de explotación 5):

En la Figura 34 se muestra la familia 1 de diaclasas paralelas que están presentes en el banco de explotación 6, donde se observa un grado de fracturamiento más pronunciado en comparación con el banco inferior. Este aumento en la cantidad de fracturas podría explicarse por el impacto inicial de la actividad de explotación minera en esta área del afloramiento. La planificación de la explotación pudo generar una perturbación en el estado tensional de esfuerzos preexistente, lo que inició la propagación de grietas y fracturas (González De Vallejo (2002)).

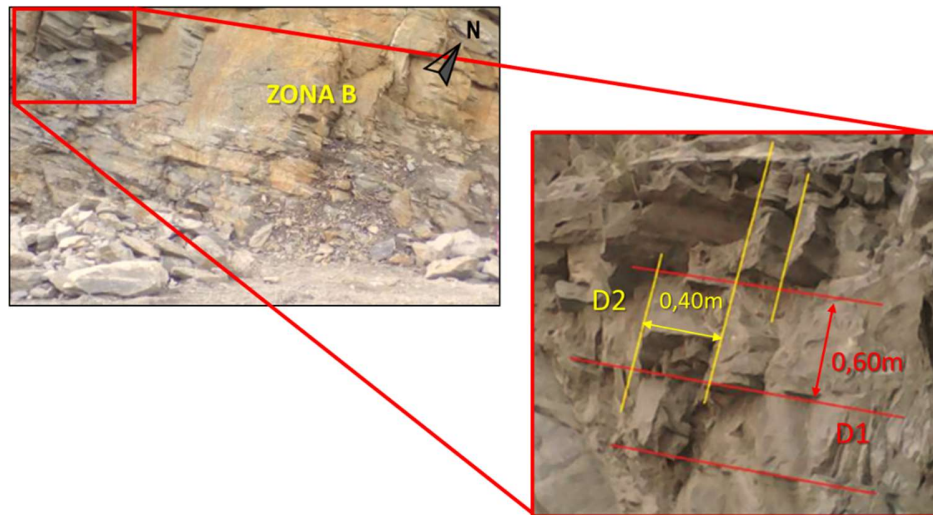


Figura 34. Familia de diaclasas D1 (Color rojo) y D2 (Color amarillo) del Nivel 6 Mina 2

- **Rugosidad**

En el estudio de campo realizado, se evaluó la rugosidad de las discontinuidades presentes mediante la comparación visual con los perfiles estándar de rugosidad establecidos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981), ver Anexo 2, Figura 64. Esta evaluación reveló una variedad en los tipos de rugosidad observadas, incluyendo **ESCALONADA RUGOSA** y **PLANA RUGOSA** para las diferentes familias de discontinuidades identificadas en el área de estudio (ver Tabla 6). La Figura 35 ilustra claramente la categoría Escalonada Rugosa para la familia de diaclasas 1 y la foliación 1. Cabe destacar que la rugosidad es un factor clave en la

determinación de la resistencia al corte de las discontinuidades, ya que influye directamente en el ángulo de fricción básica ϕ , y, por lo tanto, en la estabilidad general del macizo rocoso. Por lo tanto, una caracterización precisa de la rugosidad es fundamental para realizar análisis geotécnicos confiables y diseñar medidas de estabilización adecuadas.

Tabla 6. Rugosidad en las discontinuidades de los frentes 5 y 6 de mina 2

FAMILIA	NIVEL 5	NIVEL 6
F1	Escalonada rugosa	Plana rugosa
D1	Escalonada rugosa	Plana rugosa
D2	Escalonada rugosa	Plana rugosa
D3	Escalonada rugosa	Plana rugosa

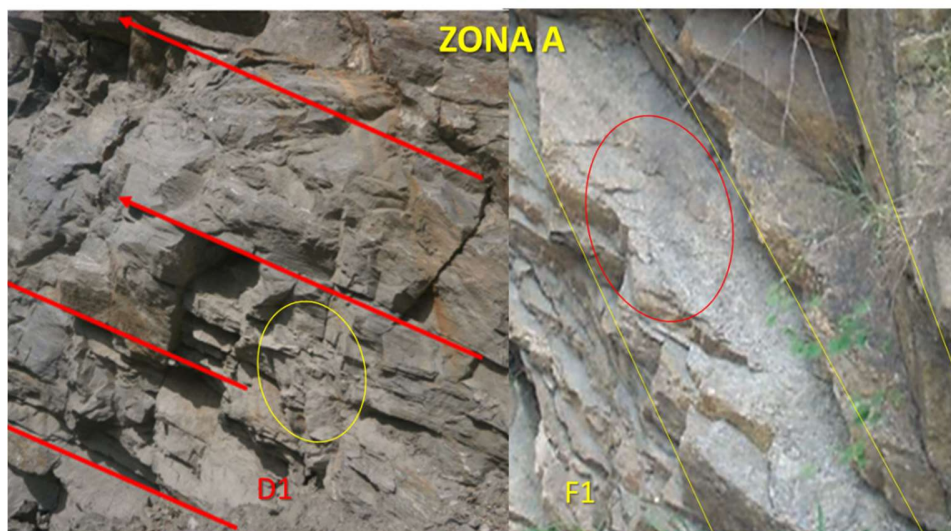


Figura 35. Categoría Escalonada Rugosa para las familias de discontinuidades presentes en la Zona A de acuerdo con ISRM (1981).

- **Continuidad**

Para cuantificar la continuidad de las familias de discontinuidades presentes en ambos frentes de explotación, se realizaron observaciones in situ de las longitudes de las superficies expuestas. Los resultados obtenidos revelaron que el valor de continuidad para las tres familias de diaclasas era inferior a 1 metro, tanto en el banco superior como en el inferior (Ver Tabla 7). De acuerdo con los intervalos de medida establecidos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981), ver Anexo 2, Tabla 36, estas tres familias de diaclasas se clasifican como de **CONTINUIDAD MUY BAJA**. Esta característica tiene implicaciones significativas en el comportamiento geomecánico del macizo rocoso. Una baja continuidad de las discontinuidades suele asociarse con una mayor resistencia al corte y una menor propensión a la formación de cuñas y bloques inestables, factores que deben considerarse en el diseño de taludes y excavaciones

Tabla 7. Continuidad de las familias de discontinuidades identificada en la Zona de estudio

ZONA DE ESTUDIO	FAMILIAS	CONTINUIDAD (m)
ZONA A (Nivel 5)	D1	0,90
	D2	0,75
	D3	0,62
ZONA B (Nivel 6)	D1	0,80
	D2	0,70
	D3	0,93

- **Abertura**

La apertura de las discontinuidades presentes en el área de estudio se determinó

mediante mediciones directas utilizando un calibrador Pie de Rey. Los resultados obtenidos indicaron que las aberturas se encontraban en un rango de 1 a 5 milímetros, teniéndose para la Zona A lo siguiente: D1: 3 mm, D2: 2,2mm y D3: 2,5 mm, mientras que para la Zona B se obtuvo: D1: 3,1mm, D2: 1,5mm y D3: 4,7 mm. De acuerdo con la clasificación propuesta por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981), ver Anexo 2, Tabla 37, este rango de valores corresponde a una condición de discontinuidades **MODERADAMENTE ABIERTAS**. La Figura 36 proporciona un ejemplo gráfico de las aberturas medidas e identificadas durante el trabajo de campo. Es importante resaltar que la apertura de las discontinuidades tiene una influencia significativa en el comportamiento hidrogeológico del macizo rocoso, ya que determina la permeabilidad y el flujo de agua a través de las discontinuidades.

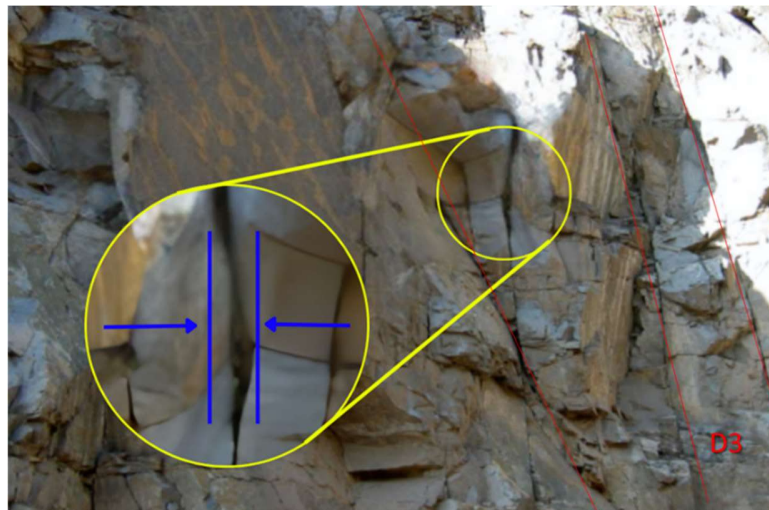


Figura 36. Abertura en las discontinuidades estudiadas (D3)

- **Espaciamiento**

El espaciado entre los planos de discontinuidad juega un rol fundamental en la determinación del tamaño de los bloques presentes en el frente de explotación. La Tabla 7 muestra el espaciado modal de cada familia de discontinuidad (D1, D2 y D3) identificada en el área de estudio. A partir de estos datos, se puede obtener el espaciado medio para cada banco de estudio.

a) **ZONA A (NIVEL 5):** 0,57 m

b) **ZONA B (NIVEL 6):** 0,43 m

Según la clasificación para el espaciado establecida por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981), ver Anexo 2, Tabla 35, tanto el banco superior como el inferior del frente de minas se clasifican como de espaciado MODERADAMENTE JUNTO. Esta condición implica que los bloques formados por la intersección de las discontinuidades tendrán dimensiones moderadas, lo cual facilita su manejo y control durante las operaciones mineras. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un espaciado moderadamente junto también puede representar un desafío en términos de estabilidad, ya que los bloques pueden desprenderse con mayor facilidad en comparación con macizos de espaciado más cerrado.

- **Relleno**

En el Nivel 5, las familias de diaclasas D1, D2 y D3 no mostraron evidencia de relleno en sus cavidades. Sin embargo, un caso contrario se observó en las discontinuidades presentes en el Nivel 6, donde se encontró un relleno de calcita cristalizada. Según el autor Robb (2005), en su libro: "Introduction to Ore-Forming Processes" la presencia de rellenos minerales como la calcita en discontinuidades es un indicador de la circulación pasada de fluidos hidrotermales ricos en iones de bicarbonato (HCO_3^-) y calcio (Ca^{2+}). Estos fluidos pueden provenir de fuentes ígneas o metamórficas ricas en volátiles como CO_2 y H_2O .

Estos fluidos, comúnmente asociados a procesos ígneos o metamórficos, tienen la capacidad de transportar y depositar minerales como la calcita en fracturas y cavidades preexistentes al enfriarse. Por lo tanto, se puede inferir que las familias de diaclasas con relleno de calcita en el Nivel 6 son más antiguas que las identificadas en el Nivel 5, ya que en algunas áreas se observan las mismas familias de discontinuidades, pero sin relleno, sugiriendo una formación posterior a la circulación de los fluidos hidrotermales mineralizantes.

- **Alteración**

La evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso se llevó a cabo mediante observaciones directas en campo y comparando con los índices estándares propuestos por la ISRM (1981) para la determinación de esta característica, ver Tabla 1. En la zona A se evidenció que las paredes de las discontinuidades presentan distintas coloraciones que varían desde grises hasta tonos rojizos oscuros. Esta variación cromática se atribuye a la oxidación de los minerales que componen la roca, un proceso que se ve favorecido por la presencia de agua infiltrada desde la parte superior hacia la inferior del talud. Después de evaluar las características observadas, se ha clasificado la alteración en la Zona A como **LIGERAMENTE METEORIZADA**, al igual que en la Zona B. Sin embargo, en esta última se evidenciaron tonalidades marrones ocres, lo que sugiere una ligera variación en el grado de oxidación de los minerales.

Propiedades Mecánicas de la Roca que Conforman el Macizo Rocos.

Con el objetivo de caracterizar las propiedades de la roca intacta presente en el área de estudio, se recolectaron muestras representativas durante la investigación geotécnica realizada. Estas muestras fueron seleccionadas y preservadas para su posterior análisis en laboratorio. Mediante la realización de ensayos estandarizados y aceptados en la práctica geotécnica, se determinaron parámetros fundamentales como la resistencia a la compresión uniaxial y la resistencia a la tracción indirecta. A continuación, se describe la determinación de cada una de estas propiedades

Resistencia a compresión

Para determinar la resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta, se ensayaron un total de siete muestras representativas. Con el fin de evaluar la influencia de la orientación de los planos de estratificación en la resistencia, cuatro de las muestras fueron dispuestas de manera que dichos planos se encontraran paralelos a la dirección del esfuerzo aplicado por la máquina de ensayo. Por otro lado, las tres muestras restantes se colocaron con los planos de estratificación en sentido perpendicular a la

dirección del esfuerzo. Esta configuración permitió analizar el comportamiento de la roca ante sollicitaciones de compresión en diferentes orientaciones respecto a la estructura interna del material. Los resultados más relevantes obtenidos durante la ejecución de estos ensayos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Se presentan los valores de resistencia a la compresión obtenidos para las muestras ensayadas.

PARALELAS AL PLANO DE ESTRATIFICACIÓN				
Código de muestra	Dimensiones (mm)	Resistencia a la compresión (MPa)	Clas. Según ISRM	
2653-1 UCS	Largo: 69,67 Ancho: 69,17 Alto: 73,83	55,79	Media-(R5)	Promedio: 38,09 Desviación estándar: 17,28
2653-2 UCS	Largo: 68,57 Ancho: 67,31 Alto: 71,15	49,38	Moderada-(M4)	
2653-3 UCS	Largo: 69,67 Ancho: 69,17 Alto: 68,40	27,79	Moderada-(M4)	
2653-4 UCS	Largo: 70,13 Ancho: 71,13 Alto: 73,63	19,4	Baja-(R3)	

PERPENDICULAR AL PLANO DE ESTRATIFICACIÓN				
2653-5 UCS	Largo: 68,83 Ancho: 69,00 Alto: 72,15	36,25	Moderada-(M4)	Promedio: 62,93 Desviación estándar: 50,91
2653-6 UCS	Largo: 68,83 Ancho: 69,00 Alto: 72,15	30,9	Moderada-(M4)	
2653-7 UCS	Largo: 69,87 Ancho: 74,30 Alto: 69,30	121,63	Alta-(R6)	
			Valor Promedio (MPa)	50,51

En la Tabla 8 se presentan los valores de resistencia a la compresión obtenidos para las muestras ensayadas. Los primeros cuatro valores corresponden a las muestras sometidas a esfuerzos paralelos al plano de estratificación. Se observa que estos valores entran en diferentes rangos de clasificación según la propuesta de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981), incluyendo resistencias media, moderada y baja. El valor promedio de resistencia a la compresión simple para estas muestras es de 38,09 MPa, lo cual permite clasificar la roca como **MODERADAMENTE DURA**.

Por otra parte, las últimas tres muestras fueron ensayadas con los planos de estratificación perpendiculares a la dirección del esfuerzo aplicado. Estas muestras exhibieron valores de resistencia que oscilan desde 36,35 MPa (valor mínimo de UCS) hasta 121 MPa (valor máximo de UCS). Estos valores representan características de una roca que varía desde **MODERADAMENTE DURA** hasta **MUY DURA**, según la clasificación de la ISRM (1981) presentada en la Tabla 8.

Esta variación en los valores de resistencia a la compresión obtenidos para diferentes orientaciones de la muestra respecto a los planos de estratificación, pone en evidencia la influencia de la anisotropía y la estructura interna de la roca en su comportamiento mecánico.

Al comparar los valores de resistencia a la compresión simple obtenidos, es notable que la muestra 2653-7 presenta el valor más alto, el cual se encuentra fuera del rango promedio obtenido para los demás ejemplares de la misma litología. Por lo tanto, se podría considerar como un valor atípico. Esta mayor resistencia podría atribuirse a una composición mineralógica con una alta proporción de minerales resistentes, como el cuarzo, o a la presencia de una estructura interna más favorablemente orientada respecto a la dirección del esfuerzo aplicado durante el ensayo.

Por otro lado, la muestra 2653-4 exhibe el valor más bajo de resistencia a la compresión. Esta menor resistencia podría deberse a la presencia de planos de debilidad estructural, como foliaciones o diaclasas, dentro de la muestra. Estos planos de debilidad, junto con una menor cantidad de minerales resistentes y una orientación desfavorable respecto a la dirección del esfuerzo, pueden contribuir a una disminución significativa en la resistencia del material.

Es importante tener en cuenta que, como menciona Vallejo et al. (2002) en su libro "Ingeniería Geológica", los resultados de los ensayos de laboratorio se ven influenciados tanto por factores inherentes a la naturaleza y condición de la roca, como por las condiciones específicas del ensayo. Estos factores incluyen la composición mineralógica, la estructura interna, la presencia de discontinuidades, la orientación de la muestra respecto al esfuerzo aplicado, y las condiciones de carga y confinamiento durante el ensayo.

En el caso de la muestra 2653-7, es posible que una combinación favorable de estos factores, como una alta proporción de minerales resistentes y una orientación óptima de la estructura interna, haya contribuido a su mayor resistencia a la compresión. Por el contrario, en la muestra 2653-4, la presencia de planos de debilidad estructural, una

menor cantidad de minerales resistentes y una orientación desfavorable respecto al esfuerzo aplicado podrían explicar su menor resistencia

Tras la determinación del valor promedio de la resistencia a la compresión simple de estas muestras (50,51 MPa), se pudo clasificar en términos generales la UCS de la matriz rocosa, según el criterio de clasificación del ISRM (1981), ver Anexo 2, Tabla 38, como una **ROCA DURA**.

La Figura 37, presenta una comparación visual de la muestra 2653-6 antes y después de ser sometida a un esfuerzo perpendicular al plano de estratificación. Esta representación gráfica permite apreciar los cambios ocurridos en la muestra como consecuencia de la aplicación de dicho esfuerzo.



Figura 37. Resultado del ensayo a la Compresión Simple para la muestra 2653-6.

Resistencia a tracción

Para obtener la resistencia a la tracción indirecta que posee el material del frente de mina ensayo. Fueron ensayadas un total de 3 muestras, de la misma litología (esquistos) a las cuales se les midió sus dimensiones (diámetro y espesor). En la Tabla 9, se presenta. Los resultados más resaltantes obtenidos con la ejecución de este ensayo.

Tabla 9. Resultados obtenidos del ensayo resistencia a tracción.

Código de muestra	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la Tracción (MPa)	Clasf. Según ISRM	
2653-1 BRA	54	31,9	-16	Moderada- (R4)	Promedio: -15,00 Desviación estándar: 1,41
2653-1 BRA	54,6	31,93	-14	Moderada- (R4)	
2653-1 BRA	54	31,87	-16,40	Moderada- (R4)	

El valor promedio obtenido para la resistencia a la tracción indirecta es de 15 MPa. De acuerdo con los criterios de resistencia establecidos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) en 1981, este valor clasifica a la roca como **MODERADAMENTE DURA**. Estos resultados son consecuencia del tipo de roca analizada, en este caso un esquisto que posee numerosos planos de debilidad estructural (foliación) y pliegues. La dirección y ubicación de estas discontinuidades respecto a la aplicación de la carga durante el ensayo influyen significativamente en los valores de resistencia obtenidos. Cabe destacar que la orientación de la muestra durante la ejecución del ensayo es aleatoria, lo que explica por qué se pueden obtener diferentes valores de resistencia a profundidades similares al aplicar compresión. En la Figura 38 se muestran los resultados específicos para la muestra 2653-3.

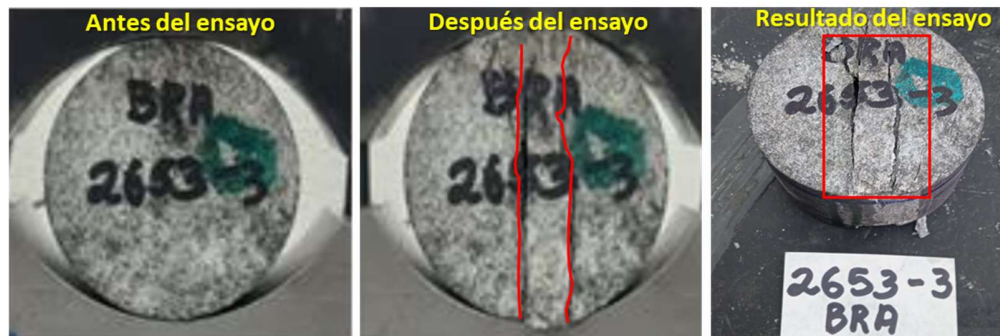


Figura 38. Resultados del ensayo de Tracción Indirecta para la muestra 2653-3

Clasificación Geomecánica del Macizo Rocosó

Índice de calidad de la roca "RQD"

Para evaluar la calidad de la roca mediante el índice RQD (Rock Quality Designation), se utilizó el parámetro J_v , que representa la cantidad de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1 m^3) del macizo rocoso. Debido a la dificultad de observar tridimensionalmente el afloramiento, el valor de J_v se determinó contando las discontinuidades de cada familia que interceptan la longitud correspondiente a cada sector analizado. Este método se aplicó tanto en la Zona "A" como en la Zona "B". Los resultados obtenidos tras aplicar la ecuación empírica de Palmstrom (1975) se muestran en la Tabla 10

Es importante destacar que el RQD es un parámetro ampliamente utilizado en la caracterización geomecánica de macizos rocosos, ya que brinda información sobre el grado de fracturación y calidad de la roca in situ. Valores altos de RQD indican una roca de buena calidad con pocas discontinuidades, mientras que valores bajos sugieren una roca muy fracturada y de menor calidad.

Tabla 10. Estimación de índice de calidad de la roca “RQD”

DATOS		Jv PARA NIVEL 5	Jv PARA NIVEL 6
ZONA A (Nivel 5)		$Jv = \frac{n^{\circ}D1}{11} + \frac{n^{\circ}D2}{12} + \frac{n^{\circ}D3}{13}$	$Jv = \frac{n^{\circ}D1}{11} + \frac{n^{\circ}D2}{12} + \frac{n^{\circ}D3}{13}$
n°D1: 74	11:29m	$Jv = \frac{74}{29m} + \frac{74}{31m} + \frac{75}{28m}$	$Jv = \frac{19}{5,2m} + \frac{20}{6.5m} + \frac{23}{6,2m}$
n°D2:74	12:31m		
n°D3:75	13:28m		
ZONA B (Nivel 6)		$Jv = 7,62 \frac{\text{Grietas}}{m^3}$	$Jv = 10,44 \frac{\text{Grietas}}{m^3}$
n°D1: 19	11:5,2m	$RQD = 115 - 3.3 * Jv$	$RQD = 115 - 3.3 * Jv$
n°D2:20	12:6,5m	$RQD = 115 - 3.3 * 7,62$	$RQD = 115 - 3.3 * 10,44$
n°D3:23	13:6,2m:	RQD = 89, 92 %	RQD = 80, 54%

Según los resultados presentados en la Tabla 10, la calidad de la roca se considera **BUENA** para ambos bancos de explotación (% RQD entre 75-90), de acuerdo con la clasificación propuesta por Deere en 1964. Sin embargo, al analizar el grado de fracturación del macizo rocoso en función de las familias de discontinuidades presentes, utilizando los criterios establecidos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) en 1981, se observa que el valor de Jv (número de discontinuidades por unidad de volumen), ver Anexo 3, Tabla 39, indica la presencia de **BLOQUES DE TAMAÑO MEDIO** en el Nivel 5 y **BLOQUES PEQUEÑOS** en el Nivel 6. Esta aparente contradicción se debe a que el RQD evalúa la calidad de la roca a partir de la recuperación de testigos durante la perforación y no tiene en cuenta todas las discontinuidades presentes en el macizo rocoso expuesto, mientras que el parámetro Jv considera todas las discontinuidades visibles en este.

Tamaño promedio de bloque

Con el fin de caracterizar el tamaño promedio de los bloques de roca en los sectores estudiados del afloramiento (Zona A y Zona B), se empleará el índice de tamaño de bloque (I_b) propuesto por el Prof. Miguel Castillejo en su trabajo de ascenso en el año

1993. Este índice permite representar las dimensiones promedio de los bloques de roca típicos presentes en el macizo rocoso analizado. Un valor alto de I_b indica la presencia de bloques de grandes dimensiones, mientras que valores bajos sugieren bloques pequeños y un mayor grado de fracturación. El cálculo del I_b se realizará mediante la siguiente ecuación:

$$I_b = \frac{S1 + S2 + S3}{3}$$

Dónde: S_i son los espaciamientos modales de cada discontinuidad

Tabla 11. Estimación del tamaño de los bloques

Datos	I_b PARA NIVEL 5	I_b PARA NIVEL 6
ZONA A (Nivel 5)		
S1=0,50 m S2=0,50 m S3=0,70 m	$I_b = \frac{S1 + S2 + S3}{3}$	$I_b = \frac{S1 + S2 + S3}{3}$
ZONA B (Nivel 6)	$I_b = \frac{0,50 + 0,50 + 0,70}{3}$	$I_b = \frac{0,60 + 0,40 + 0,30}{3}$
S1=0,60 m S2=0,40 m S3=0,30 m	$I_b = 0,56m$	$I_b = 0,43m$

Los resultados presentados en la Tabla 11 revelan diferencias en el tamaño de los bloques típicos entre el banco inferior y el superior del macizo rocoso. La Zona A exhibe bloques de mayores dimensiones, con un tamaño promedio de 0,56 m, mientras que la Zona B los bloques típicos tienen un tamaño promedio de 0,43 m. Esta discrepancia en el tamaño de los bloques se atribuye principalmente a las variaciones en el índice de calidad de la roca entre ambos bancos. Un mayor grado de fracturación y discontinuidades en el banco superior conlleva a la formación de bloques de menores dimensiones en comparación con el banco inferior, el cual presenta una mejor calidad

y bloques de mayor tamaño.

Valoración de la masa rocosa por el índice “RMR” (1989)

Para evaluar de manera integral la calidad del macizo rocoso, se empleará el sistema de clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) propuesto por Bieniawski en 1989. De acuerdo con este método se asignará una puntuación numérica a los parámetros geomecánicos estudiados anteriormente, como: la resistencia de la roca, el RQD, el espaciamiento y condición de las discontinuidades, y la presencia de agua subterránea. La suma de estas puntuaciones individuales permitirá clasificar el macizo rocoso en diferentes categorías de calidad.

- **Resistencia a la compresión uniaxial de la roca**

Según la Tabla 8, el valor promedio de la resistencia a la compresión simple obtenido para las muestras ensayadas es de 50,51 MPa. De acuerdo con los rangos establecidos en el sistema de clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) propuesto por Bieniawski (1989) ver Anexo 2, Tabla 38, esta resistencia corresponde a una roca catalogada como **DURA**, lo cual se traduce en una **VALORACIÓN DE 7** para el parámetro de resistencia de la roca sana (R_c), ver Anexo 1, Tabla 33.

- **Índice de calidad de la roca, RQD**

De acuerdo con el índice de calidad de la roca “RQD” descrito anteriormente para ambas Zonas en la Tabla 10 ($Nv5 = 89,92$, $Nv6 = 80,54$), la calidad de la roca se considera **BUENA**, y su **VALORACIÓN ES DE 17**, ver Anexo 1, Tabla 33.

- **Espaciamiento de las discontinuidades**

La valoración del espaciamiento de las discontinuidades se determinó utilizando la dimensión del cubo de roca más pequeño definido por la intersección de las familias de discontinuidades presentes, la cual corresponde a 0,30 m. Conforme a las tablas de clasificación establecidas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) en 1989, un espaciamiento de discontinuidades de 0,30 m se traduce en una

VALORACIÓN DE 10 para este parámetro dentro del sistema RMR.

Es importante destacar que el espaciamiento entre discontinuidades es un factor determinante en la calidad del macizo rocoso, ya que influye directamente en el tamaño y forma de los bloques de roca formados, así como en la estabilidad y comportamiento general del macizo. Un espaciamiento más amplio entre discontinuidades generalmente implica la formación de bloques de mayores dimensiones y, por lo tanto, una mejor calidad del macizo rocoso.

La valoración de 10 puntos obtenida en este caso indica que el macizo rocoso analizado presenta un espaciamiento relativamente favorable entre discontinuidades, lo que favorece la formación de bloques de tamaño considerable y, en consecuencia, una mejor calidad del macizo.

- **Condición de las discontinuidades**

La Tabla 12 y 13, contienen las características de las tres familias de discontinuidades presentes en el frente de explotación, con su respectiva valoración según las tablas de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), ver Anexo 4, Tabla 40.

Tabla 12. Valoración de las Características que presentan las discontinuidades de la Zona A

ZONA A (NIVEL 5)				
Parámetro	Familia 1	Familia 2	Familia 3	Valoración
Long. Discont (m)	0,90	0,75	0,62	6
Abertura (mm)	3	2,2	1,5	1
Rugosidad	Escalonada rugosa	Escalonada rugosa	Escalonada rugosa	5
Relleno	Sin relleno	Sin relleno	Sin relleno	6
Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
TOTAL				23

Tabla 13 Valoración de las Características que presentan las discontinuidades de la Zona B

ZONA B (NIVEL 6)				
Parámetro	Familia	Familia	Familia 3	Valoración
Long. Discont (m)	0,80	0,70	0,93	6
Abertura (mm)	3,1	1,5	4,7	1
Rugosidad	Plana rugosa	Plana rugosa	Plana rugosa	3
Relleno	Duro <5mm	Duro <5mm	Duro <5mm	4
Meteorización	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	Ligeramente meteorizada	5
TOTAL				19

- **Condiciones del agua subterránea**

El macizo rocoso se presenta totalmente seco en cada una de las Zonas, por lo tanto, su **VALORACIÓN ES DE 15**, según el parámetro número cinco de la clasificación geomecánica RMR, ver Anexo 1, Tabla 33.

Valoración Total del Macizo

En las Tablas 14 y 15 se muestra, de manera consolidada, los resultados obtenidos en la valoración de los distintos parámetros que caracterizan al macizo rocoso en las Zonas A y B estudiadas. La suma de estas valoraciones individuales permite determinar la valoración total del macizo, conocida como $RMR_{básico}$.

- **$RMR_{básico}$ para la Zona A (Nivel 5)**

Tabla 14 Valoración total del macizo (Zona A)

PARÁMETRO		VALORACIÓN	PUNTAJE
Resistencia de la roca intacta	Compresión Simple	50 a 100	7
RQD		75 a 90	17
Estados de las discontinuidades	Espaciamiento	200 - 600 mm	10
	Long. Discont	<1m	6
	Abertura	1-5mm	1
	Rugosidad	Escalonada rugosa	5
	Relleno	Ninguno	6
	Alteración	Ligeramente meteorizada	5
	Condición de agua subterránea	Seco	15
Puntuación RMR _{básico}			72

- **RMR_{básico} para la Zona B (Nivel 6)**

Tabla 15 Valoración total del macizo (Zona B)

PARÁMETRO		VALORACIÓN	PUNTAJE
Resistencia de la roca intacta	Compresión Simple	50 a 100	7
RQD		75 a 90	17
	Espaciamiento	200 - 600 mm	10

PARÁMETRO		VALORACIÓN	PUNTAJE
Estados de las discontinuidades	Long. Discont	<1m	6
	Abertura	1-5mm	1
	Rugosidad	Plana rugosa	3
	Relleno	Duro <5mm	4
	Alteración	Ligeramente meteorizada	5
	Condición de agua subterránea	Seco	15
Puntuación RMR _{básico}			68

A partir del estudio geomecánico realizado en los frentes de explotación 5 y 6 de la Mina 2, perteneciente a Canteras del Distrito Capital S.A., se obtuvieron los valores del RMR básico presentados en las Tablas N° 22 y N° 23. Los resultados obtenidos permitieron clasificar al macizo rocoso en ambas zonas dentro de la CATEGORÍA II, según la tabla de calidad de la roca propuesta por Bieniawski (1981), ver Anexo 1, tabla 34. Esta categoría se caracteriza por las siguientes condiciones:

- **LA CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO SE CONSIDERA BUENA.**
- **SE ESTIMA UNA COHESIÓN DE 300-400 KPA Y UN ÁNGULO DE FRICCIÓN DE 35°-45°**

Aunque ambos frentes pertenecen al mismo macizo rocoso general, es probable que los valores de RMR básico obtenidos sean distintos debido a las variaciones en las condiciones geomecánicas locales presentes en cada frente de explotación. Esto se debe a que el RMR evalúa la calidad del macizo rocoso de manera sectorizada, considerando las características específicas de cada zona analizada Hoek (2007). Por lo tanto, es común obtener diferentes clasificaciones RMR para diferentes sectores o frentes dentro

de un mismo macizo, ya que las propiedades geológicas y geomecánicas pueden variar espacialmente.

Estimación del Comportamiento Geomecánico del Macizo

En la Figura 39 se muestra la envolvente de falla obtenida para el macizo rocoso, la cual se construyó trazando los círculos de Mohr correspondientes al estado de tensiones en la rotura de la matriz rocosa. La envolvente de falla calculada por el programa se resalta en color negro, mientras que la curva de ajuste, de tipo no lineal (Hoek & Brown), se muestra en rojo. Esta curva indica una resistencia a la compresión de 48,26 MPa para la roca intacta, lo que permite clasificarla como una roca **MODERADAMENTE DURA** según los criterios del ISRM (1981). Además, se obtuvo una resistencia a la tracción de -4,022 MPa.

El ajuste de la curva de Hoek & Brown se realizó asignando un valor de GSI (Geological Strength Index) de 100, el cual corresponde a una roca intacta o masiva con discontinuidades muy espaciadas. Los valores de cohesión y ángulo de fricción obtenidos varían en función del esfuerzo normal aplicado, resultando en 7,906 MPa y 55,85°, respectivamente. Cabe mencionar que se consideró un factor de perturbación D de 0,7, el cual representa la alteración de la roca causada por las voladuras de producción.

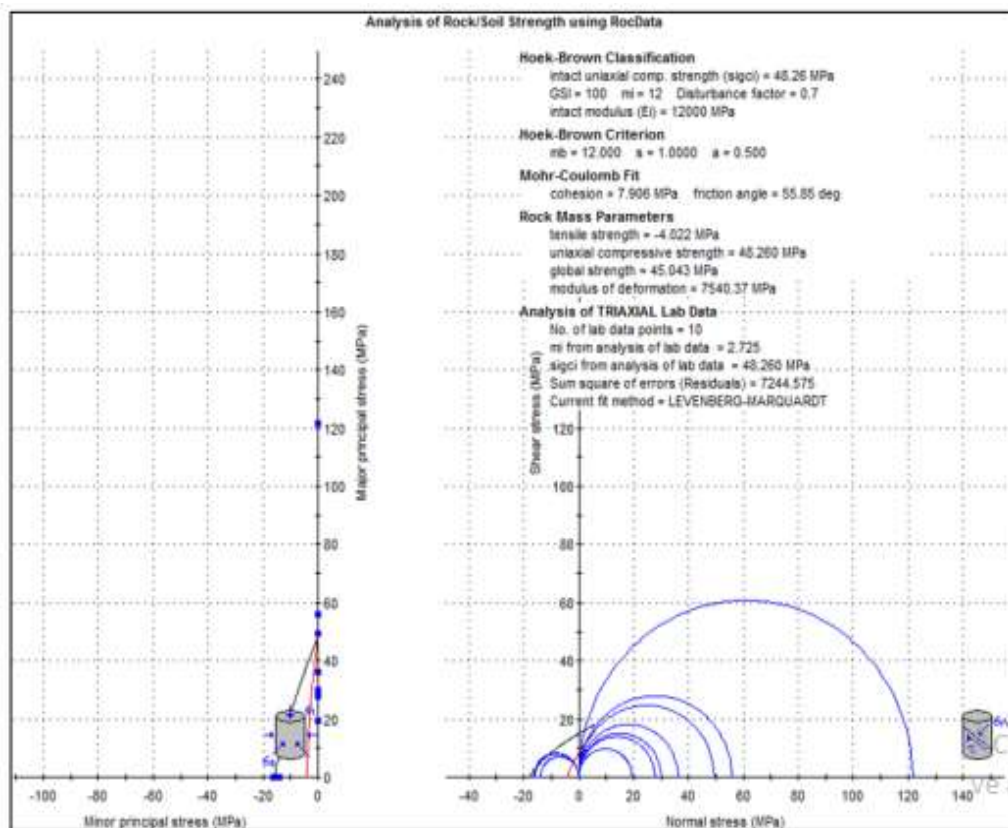


Figura 39. Comportamiento Geomecánico del macizo rocoso

El estudio geomecánico realizado en los frentes de explotación 5 y 6 de la Mina 2 proporciona información importante sobre las características del macizo rocoso, como su calidad, resistencia, discontinuidades y condiciones hidrogeológicas. Estos datos son fundamentales para modelar de manera precisa el diseño de los frentes de explotación, estableciendo parámetros geométricos óptimos como ángulos de talud, alturas de banco y geometría de los bloques. La clasificación geomecánica del macizo rocoso, con un RMR de 72 para el frente 5 y 68 para el frente 6, indica que se trata de un macizo de buena calidad, lo cual se puede considerar al establecer los ángulos de talud y la altura de los bancos. Además, el índice de tamaño de bloque (I_b) calculado para ambos niveles, brinda información sobre las dimensiones promedio de los bloques que se formarán durante la explotación.

Por otra parte, el grado de fracturación del macizo, representado por el RQD y el

parámetro J_v , influye en la respuesta del macizo rocoso a las voladuras y en la fragmentación obtenida. Las propiedades de resistencia de la roca intacta, como la resistencia a la compresión simple, son relevantes para seleccionar los tipos de explosivos y cargas adecuadas para una voladura eficiente. Así mismo se puede decir que, la continuidad y persistencia de las discontinuidades, clasificadas como de muy baja en este estudio, afectan la propagación de las fracturas inducidas por la voladura y deben ser consideradas en el diseño de la malla de perforación. La ausencia de agua en los niveles estudiados facilita las operaciones de voladura y reduce los riesgos asociados a la presencia de agua subterránea.

5.2 Comportamiento del mercado para estimar la demanda de agregados que presenta actualmente la empresa.

En esta fase se evalúa el comportamiento de mercado de agregados en el área del Distrito Capital, a fin de evitar gastos innecesarios en la producción de los agregados, se realizará un estudio de mercado donde se realiza las fichas técnicas de los productos generados por Cantera del Distrito Capital, se ubica y caracteriza las empresas general productos similares, se muestra la cartera de clientes frecuentes del cantera, con el fin de conocer la demanda que presenta el producto final de la empresa, para ello se pretende efectuar una revisión de los datos históricos de las salidas de los agregados que ha tenido la misma, y de esta forma poder identificar, demanda actual del mercado.

Ficha Técnica de los productos.

En la Figura 40, se muestra la ficha técnica de los productos generados por la empresa, en esta se describe los agregados grueso, piedra $\frac{3}{4}$ y Arrocillo, donde se presentan las siguientes características: Imagen referencial, composición química, propiedades físicas (partículas planas, partículas largas, desgaste de los ángulos, densidad, humedad adsorción), se muestra el comportamiento granulométrico de los productos e igualmente una descripción morfológica, seguidamente en la Figura 41 se muestra la ficha técnica de los agregados fino con sus respectivas características, Imagen referencial, composición química, propiedades físicas (densidad, humedad adsorción),

se muestra el comportamiento granulométrico de los productos e igualmente una descripción morfológica.

FICHA TÉCNICA DE LOS PRODUCTOS			
NOMBRE DEL PRODUCTO	Piedra ¾"	Arrocillo	
PRESENTACION			
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	Propiedades Químicas		
	Composición Química		
	Elementos	Valor Promedio (%)	
	SiO ₂	25,75	25,75
	Al ₂ O ₃	6,38	6,38
	Fe ₂ O ₃	6,82	6,82
	MnO	0,21	0,21
	MgO	0,43	0,43
	CaO	39,96	39,96
	K ₂ O	0,61	0,61
	TiO ₂	0,44	0,44
	Propiedades Físicas		
	Partículas Planas	5,22%	23,88%
	Partículas Largas	10,80%	30,80%
	Desgaste de los ángulos (%)	34,85%	34,85%
Densidad (kg/m ³)	2700 ± 0,15	2310 ± 50	
Densidad de empaque (kg/m ³)	1340 ± 50	1380 ± 50	
Humedad (%)	0,74 ± 0,05	4,72 ± 0,15	
Adsorción (%)	2,58 ± 0,15	4,52 ± 0,10	
Granulometría			
Morfología	Está compuesta aproximadamente por partículas cúbicas (62%) con aspecto masivo granular el cual corresponde a un mármol cuarífero, algunas partículas irregulares con superficie planas (15%) y otras alargadas con superficie rugosa de color gris oscuro de aspecto masivo de grano medio y con foliación tipo esquito	El 40% de las partículas son alargadas producto de las foliaciones del esquito, los minerales presentes según lo observado en la lupa son los siguientes: Cuarzo, moscovita, grafito y calcita.	

Figura 40. Ficha Técnica de agregados gruesos.



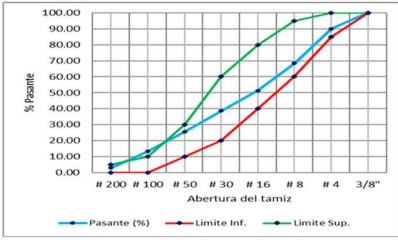
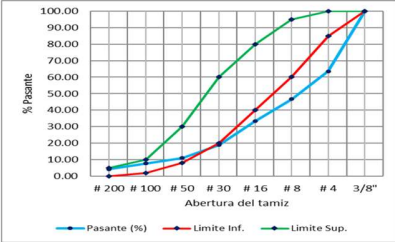
FICHA TÉCNICA DE LOS PRODUCTOS			
NOMBRE DEL PRODUCTO		Polvillo	Arena
PRESENTACION			
C A R A C T E R Í S T I C A S D E L P R O D U C T O	Propiedades Químicas		
	Composición Química		
	Elementos		
	SiO ₂	44,88	44,88
	Al ₂ O ₃	14,22	14,22
	Fe ₂ O ₃	7,87	7,87
	MnO	0,12	0,12
	MgO	4,82	4,82
	CaO	14,21	14,21
	K ₂ O	1,75	1,75
	TiO ₂	0,70	0,70
	Propiedades Físicas		
	Partículas Planas	No aplica	No aplica
	Partículas Largas	No aplica	No aplica
	Desgaste de los ángulos (%)	No aplica	No aplica
	Densidad (kg/m ³)	2100 ± 100	2150 ± 150
	Densidad de empaque (kg/m ³)	1400 ± 100	1380 ± 50
Humedad (%)	3,17 ± 0,10	5,84 ± 0,10	
Adsorción (%)	15,52 ± 0,20	12,52 ± 0,10	
Granulometría			
Morfología	El 40% de los minerales del polvillo son cristales de cuarzo, seguidamente por la caliza y las micas.	El 40% de los granos de arenas son cristales de cuarzo, seguidamente por la caliza y las micas.	

Figura 41. Ficha Técnica de agregados finos.

Empresas que genera productos similares

Para determinar la competencia se tomaron las personas jurídicas que se dedican a producir productos con características similares y que compiten en las áreas más próximas al Distrito Capital, ya que se pueden incidir que este es el mercado que abarca la Empresa Cantera el Distrito Capital, esto podría afectar la demanda de material comercial de la empresa. A continuación, se mencionan las empresas que forman parte de la competencia en esta área:

- ARENERA INDUSTRIAL RIO CRISTALINO C.A
- MINERALES Y AGREGADOS DE TACAGUA MINATACA, C.A
- ARENERA BLANCARENA, C.A
- CANTERA O'REY, C.A
- CANTERA LAS MARIAS C.A.
- CANTERA TACAGUA

En el Tabla 16. Se muestra los principales competidores que cubren el área el Distrito Capital que sus productos comerciales son similares a los producidos por Cantera el Distrito Capital, como lo son: arena lavada, polvillo, piedra picada, arrocillo, se describe la dirección de cada empresa y los minerales extraídos en cada uno es estas.

Tabla 16. Principales competidores que cubren el área el Distrito Capital.

Nro.	RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	MINERAL EXTRAÍDO	PRODUCTOS OBTENIDOS
1	ARENERA INDUSTRIAL RIO CRISTALINO C.A	Carretera Vieja Caracas Los Teques, Casa Hacienda Los Báez- Las Adjuntas, Parroquia Macarao Municipio Bolivariano Libertador Distrito Capital	Gneis Meteorizado	Arena Lavada Polvillo Arena Amarilla Piedra
2	MINERALES Y AGREGADOS DE TACAGUA MINATACA, C.A	La Autopista Vieja La Guaira, Sector La Arenera De Tacagua Distrito Capital	Granzón De Río	Arena Lavada Piedra
3	ARENERA BLANCARENA, C.A	Carretera Nacional Las Adjuntas, Los Teques, Km 1, Fundo Sebastopol, Parroquia Macarao Municipio Bolivariano Libertador Distrito Capital	Gneis Altamente Meteorizado	Arena Amarilla
4	CANTERA O'REY, C.A	Hacienda Mamera, Parroquia Antímano, Del Municipio Autónomo Libertador, Distrito Capital	Cuarcita	Arena Lavada Piedra Polvillo Arrocillo

Nro.	RAZON SOCIAL	DIRECCIÓN	MINERAL EXTRAÍDO	PRODUCTOS OBTENIDOS
5	CANTERA LAS MARIAS C.A.	Hacienda Lira, Ubicada En Las Afuera Del Barrio La Dolorita, Sector Fila Maestra Municipio Sucre, Miranda	Caliza	Piedra Picada Polvillo Arrocillo
6	CANTERA TACAGUA	Hacienda Boca del Topo, Parroquia Sucre Municipio Libertador	Calizas Anfibolita Esquistos	Piedra Polvillo Arrocillo Ripio
7	CANTERAS DEL DISTRITO CAPITAL S.A	Hacienda Mamera, Parroquia Antímamo, Del Municipio Autónomo Libertador, Distrito Capital	Esquisto/ Anfibolita Calizas	Arena Lavada, Polvillo, Piedra Picada, Arrocillo

En la Figura 42. Se muestra la ubicación relativa de Cantera del Distrito Capital y de las principales empresas competidoras que cubren el área el Distrito Capital siendo la empresa Cantera O rey la empresa más cercana a la empresa, es decir un competidor directo produciendo los mismos productos y casi que en la misma ubicación.

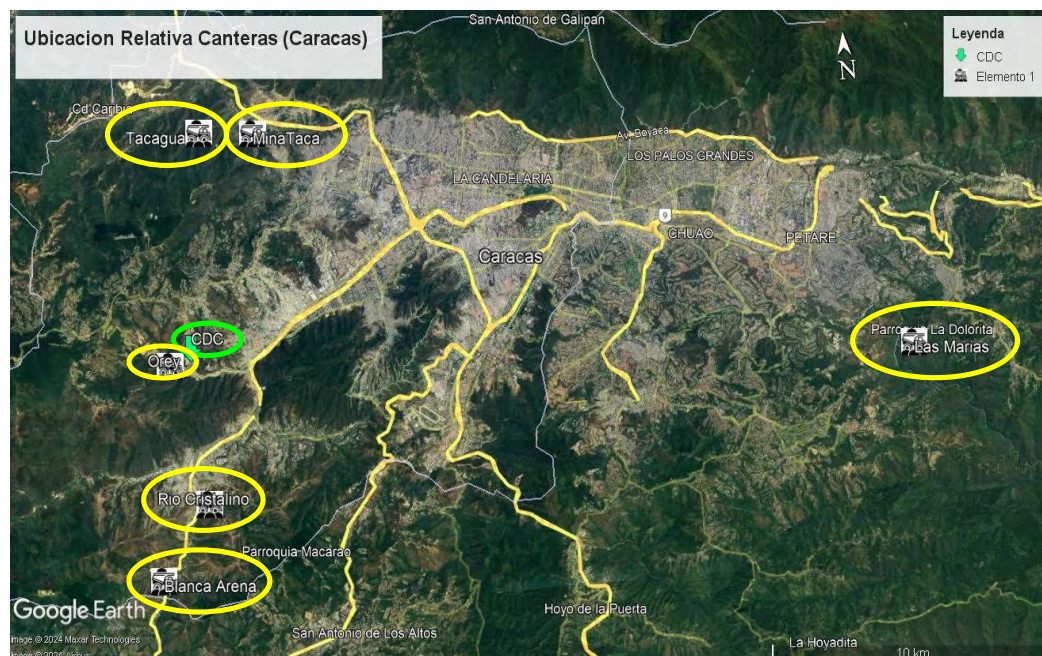


Figura 42. Ubicación relativa de Cantera del Distrito Capital y de los principales competidores.

Cartera de clientes

En la Tabla 17 se muestra información generada de los principales clientes, durante un año realizaron solicitudes de productos en sus distintas presentaciones, son clientes frecuentes en la cantera, adicionalmente la empresa tiene la misión de cumplir la producción para diversos planes de gobierno tanto nacional como regional, de obras de construcción y planes de asfaltados.

Tabla 17. Cartera de clientes.

Cientes	Uso	Frecuencia
Cientes frecuentes	Doméstico, distribuidores	Alta
Entes gubernamentales	Obras públicas	Alta

Demanda de producto

En la Tabla 18 se muestra, la cantidad de agregado solicitados por el resumen de los clientes durante todos los meses de año 2023, igualmente se cuantifica la cantidad total mensual materia demandado, siendo el mes de febrero el mes donde más se vendió para un total de 7.520 m³ de agregado comercializado, en cuanto el mes con menos venta se tiene que fue el mes de abril con una relación de 3.278 m³ de agregado comercializado, se determinó el promedio de comercialización mensual, dando como resultado 5.680 m³.

Tabla 18. Comercialización mensual de referencia.

Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Total Mensual	7.166	7.520	5.621	3.278	4.121	4.329	4.168	6.173	5.951	6.763	6.604	6.467		
													Comercialización Mensual	5.680

5.3 Disponibilidad y Condiciones Operativas de los Equipos Móviles y de las Plantas

En esta sesión se muestra la operatividad de los equipos móviles para ello en primer lugar se realizó una inspección a la flota de maquinarias donde se tomaron las especificaciones técnicas de cada uno, que se plasmaron en fichas técnicas de estos en

esta ficha se señala si está o no operativo, posteriormente se clasifican los equipos y se indican se están disponibilidad para operar actualmente, se cuantifica la cantidad de equipos móviles y se realiza una gráfica que indica el porcentaje de maquinarias operativas y no operativas. Para la verificación de las condiciones operativas de las plantas se revisó la bibliográfica de los archivos almacenados en la empresa y trabajos de investigación realizaos en esta, y así mismo se realizó una serie de inspecciones en Planta II y Planta III, para verificar la operatividad de las plantas y cotejar con investigaciones realizadas en estas.

Inspección técnica a la flota de maquinaria (Equipos móviles).

Durante las series de inspecciones elaboradas se verificó la cantidad de maquinarias perteneciente a la flota de Cantera del Distrito Capital S.A que efectuar sus operaciones mineras, de los cuales 2 (dos) cumplen la función de perforación, 5 (cinco) realizan funciones de arranque, 4 (cuatro) se encargan de realizar la carga, 3 (tres) ejecutan operaciones de acarreo y 3 (tres) se ocupan de las operaciones auxiliares, para un total de una flota de maquinaria de 17 (diecisiete).

De la revisión bibliográfica de cada maquinaria y de las inspecciones efectuadas se obtuvieron las características técnicas y los parámetros operativos que estos presentan, se tipo del equipo, la marca, el modelo capacidad, una descripción y el estado actual de los mismos. A continuación, se muestran las fichas técnicas de 5 (cinco) maquinarias seleccionadas una de cada operación unitaria, en donde se aprecia las principales observaciones obtenidas durante el estudio. La totalidad de la información recabada de esta actividad se presenta en el apartado de anexos.

- **Equipo de perforación**

En la Figura 43 se aprecia la ficha técnica de la Perforadora de barreños donde se describen las características técnicas, este equipo es marca Tamrock, modelo SHA 660, tasa de perforación 10 m/h, se detalla la descripción general, que nos indica que el mecanismo de movimiento es con orugas, posee martillo hidráulico de cabeza y

compresor integrado, actualmente este equipo se encuentra operativo.

Equipo De Perforación	
PERFORADORA	
Marca: TAMROCK	
Modelo: SHA 660	
Código interno: 7-05	Descripción general Perforadora con orugas de martillo hidráulico de cabeza, posee compresor integrado
Serial: 101T2326-1	
Motor: Caterpillar 3116	
Serial de motor: 2MRO2763	
Tasa de perforación 10 m/h	
Año: 1994	
Estado: OPERATIVO	



Figura 43. Ficha Técnica de la Perforadora Tamrock.

- **Equipo de arranque**

En la Figura 44 se muestra la ficha técnica de un equipo de arranque tipos excavadora donde se describen las características técnicas, este equipo es marca Liebherr modelo R964C, capacidad de balde 4,5 m³, se detalla la descripción general, que nos indica que el mecanismo de movimiento es con orugas, actualmente este equipo se encuentra operativo, igualmente se muestra una imagen referenciar de la excavadora.

Equipo de Arranque	
EXCAVADORA	
Marca: Liebherr	
Modelo: R964C	
Código interno: 6-11	Descripción general Excavadora sobre oruga Peso útil 67.1 t aprox.
Serial: WLHZ1008KZC033268	
Capacidad: 4.5 m ³	
Año: 2010	
Estado: OPERATIVO	




Figura 44. Ficha Técnica de la excavadora Liebherr.

- **Equipo de carga**

En la Figura 45, se observa la ficha técnica de un equipo de carga tipos cargador frontal donde se describen las características técnicas, este equipo es marca Caterpillar modelo 988B, capacidad de balde 5 m³, se detalla la descripción general, que nos indica que el

mecanismo de movimiento es por medio de ruedas, actualmente este equipo se encuentra operativo, igualmente se muestra una imagen referenciar del cargador frontal.

Equipos de Carga	
CARGADOR FRONTAL	
Marca: Caterpillar	
Modelo: 988B	
Código interno: 1-12	Descripción general
Serial: 50W09867	Cargadora de ruedas Fuerza de arranque 356.3 kN Peso útil 43 t aprox.
Capacidad: 5 m ³	
Año: 1977	
Estado: OPERATIVO	
	

Figura 45. Ficha Técnica del cargador frontal Caterpillar.

- **Equipo de acarreo**

La ficha técnica mostrados en la Figura46, se trata de un equipo de acarreo tipo camión roquero articulado, en esta ficha se describen las características técnicas, este equipo es marca Bell modelo B40D, capacidad de 24 m³, se detalla la descripción general, que nos indica que el mecanismo de movimiento es por medio de ruedas con una potencia de motor de 456 HP, pero útil 30 toneladas, actualmente este equipo se encuentra operativo, igualmente se muestra una imagen referenciar del camión articulado.

Equipo de Acarreo	
DUMPER ARTICULADO	
Marca: Bell	
Modelo: B40D	
Código interno: 2-33	Descripción general 
Serial: 541.982-C-0993952	
Motor: Mercedes-Benz OM501 LA	
Capacidad: 24 m ³	
Año: 2010	
Estado: OPERATIVO	
Rendimiento del motor 456 HP Peso útil 30 t aprox. Velocidad 54 km/h	

Figura 46. Ficha Técnica de camión articulado BELL B40D.

- **Equipo auxiliar**

La Figura 47 muestra la ficha técnica de un equipo de operaciones auxiliares tipo camión cisterna, en esta ficha se describen las características técnicas. Este equipo es marca Internacional, modelo 7300 SBA 4x2, con una capacidad de 8.000 litros de agua. Transmisión manual, actualmente este equipo está inoperativo.


Equipo Auxiliar	
CISTERNA	
Marca: Internacional	
Modelo: 7300 SBA 4X2	
Código interno: 10-11	Descripción general 
Serial:	
1HT22AAR3J384145	
Año: 2011	
Estado: EN REPARACIÓN	
Capacidad del tanque de agua 8000 l Tracción 4x2. Transmisión Sincrónica	

Figura 47. Técnica del camión cisterna Internacional.

Disponibilidad Actual de los equipos móviles.

Con el propósito de mostrar la disponibilidad actual de todos los equipos móviles existente en la empresa, se presenta en la Tabla 19 que muestra las observaciones recabadas en campo y en las revisiones bibliográfica, se clasifican la maquinaria según

su modelo, marca, tipo de operación que realiza, la capacidad y el estado, este último nos indica si la maquinaria esta disponibles para realizar las operaciones a lo que están destinadas.

Tabla 19. Evaluación de las condiciones actuales de la flota de maquinarias de Canteras Distrito Capital.

Nro.	Maquinaria	Marca	Modelo	Tipo de operación	Capacidad	Estado
1	PERFORADORA	ATLAS COPCO	BVB25	Perforacion	9 m/h	Inoperativo
2	TRACTOR	Caterpillar	D9H	Arranque	-	Inoperativo
3	TRACTOR	Caterpillar	D9G	Arranque	-	Inoperativo
4	EXCAVADORA	Liebherr	R916LC	Arranque	1 m ³	Inoperativo
5	CARGADOR FRONTAL	Caterpillar	988B	Carga	5 m ³	Inoperativo
6	CARGADOR FRONTAL	Liebherr	556	Carga	3.5 m ³	Inoperativo
7	CAMION ROQUERO	Caterpillar	769C	Acarreo	24 m ³	Inoperativo
8	CAMION ROQUERO	Caterpillar	769C	Acarreo	24 m ³	Inoperativo
9	EXCAVADORA	Liebherr	R964C	Arranque	4,5 m ³	Inoperativo
10	CAMION CISTERNA	Internacional	7300 SBA 4X2	Riego de vías	8000 L	Inoperativo
11	PERFORADORA	TAMROCK	SHA 660	Perforacion	10 m/h	Operativo
12	EXCAVADORA	Liebherr	R964C	Arranque	4,5 m ³	Operativo
13	CARGADOR FRONTAL	Caterpillar	988B	Carga	5 m ³	Operativo
14	CARGADOR FRONTAL	Liebherr	556	Carga	3.5 m ³	Operativo
15	CAMION ARTICULADO	Bell	B40D	Acarreo	24 m ³	Operativo
16	MOTONIVELADORA	XCMG	GR 165	Mantenimiento de vías	-	Operativo
17	CAMION CISTERNA	Ford	F650 Super Duty	Riego de vías	8000 L	Operativo

En base a la evaluación realizada del estado de cada uno de los equipos móviles nos arroja la disponibilidad de estos, se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 48, en la cual se puede apreciar que el 41 % corresponde a la cantidad de equipo que se encuentra disponibles para operar y 59 % de los equipos móviles se encuentran inoperativos, es decir no se encuentra disponibles para realizar las operaciones mineras. En otras palabras, solo 7 equipos se encuentran operativos

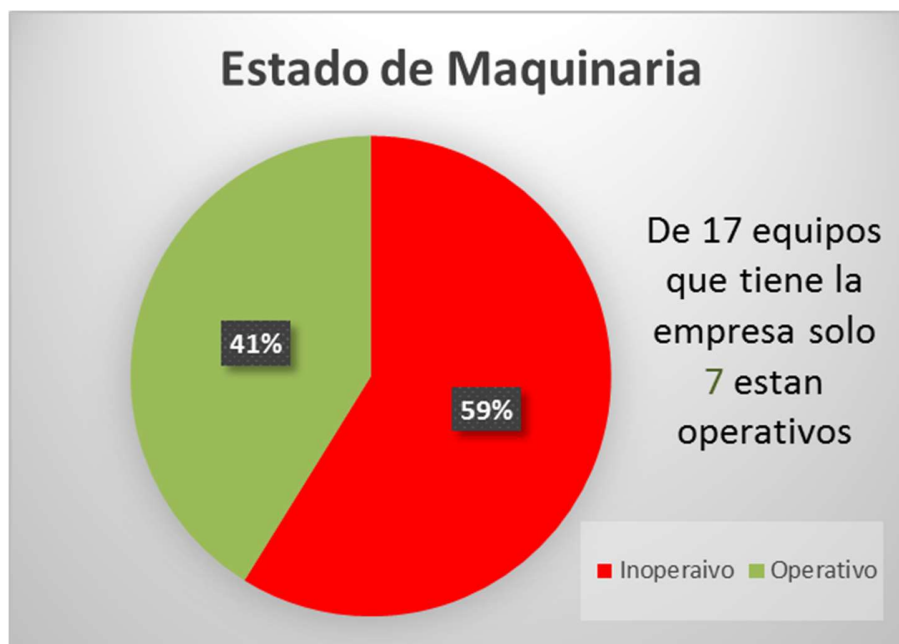


Figura 48. Condiciones actuales de funcionamiento de los equipos que integran la Planta de Trituración II

Condiciones operativas de las plantas

Acontinuacion se describe condicones operativas de Planta II y Planta III:

Planta II

Estee (2022). Evaluó las condiciones actuales de funcionamiento de los equipos que integran la Planta de Trituración II, detallando el estado para la fecha de cada equipo, donde se puede apreciar en la Figura 49, que el 32 % corresponde a la cantidad de equipo que se encuentra en una excelente funcionalidad, el 58 % están en un estado operativo funcional, lo que nos indica que los equipos requieren de un mantenimiento correctivo, mientras que el 5 % está en mal funcionamiento debido a averías, piezas faltantes y desgaste en su estructura, el otro 5 % obtenido representa a los equipos que se encuentran inoperativo

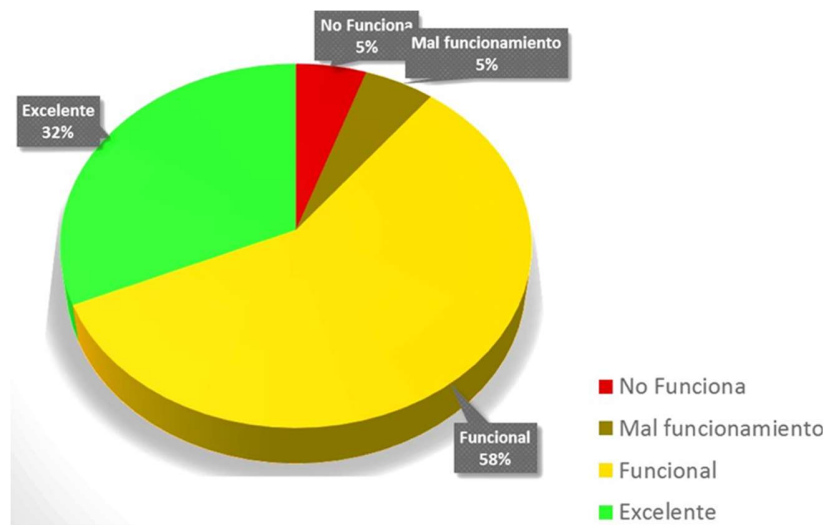


Figura 49. Condiciones actuales de funcionamiento de los equipos que integran la Planta de Trituración II
Tomado de: Estee (2022).

No obstante realizó el balance de masa de la planta de producción de agregados, donde se determinaron los puntos críticos del sistema, para conocer los recursos que limitan al sistema de producción de la planta, se buscaron factores como: puntos de congestión que ocurren en el proceso del producto, aquel recurso cuya capacidad es menor que las demandas exigidas, el proceso que puede estar limitando el rendimiento del sistema, y la instalación, maquina, operador o conjunto de procesos que limita la operación. Dicho esto, se efectuó el análisis del diagrama de procesamiento a fin de determinar los puntos de afectación del sistema. En la Figura 50, se muestra de color naranja, los puntos críticos determinado para la planta II evaluados según su capacidad instalada.

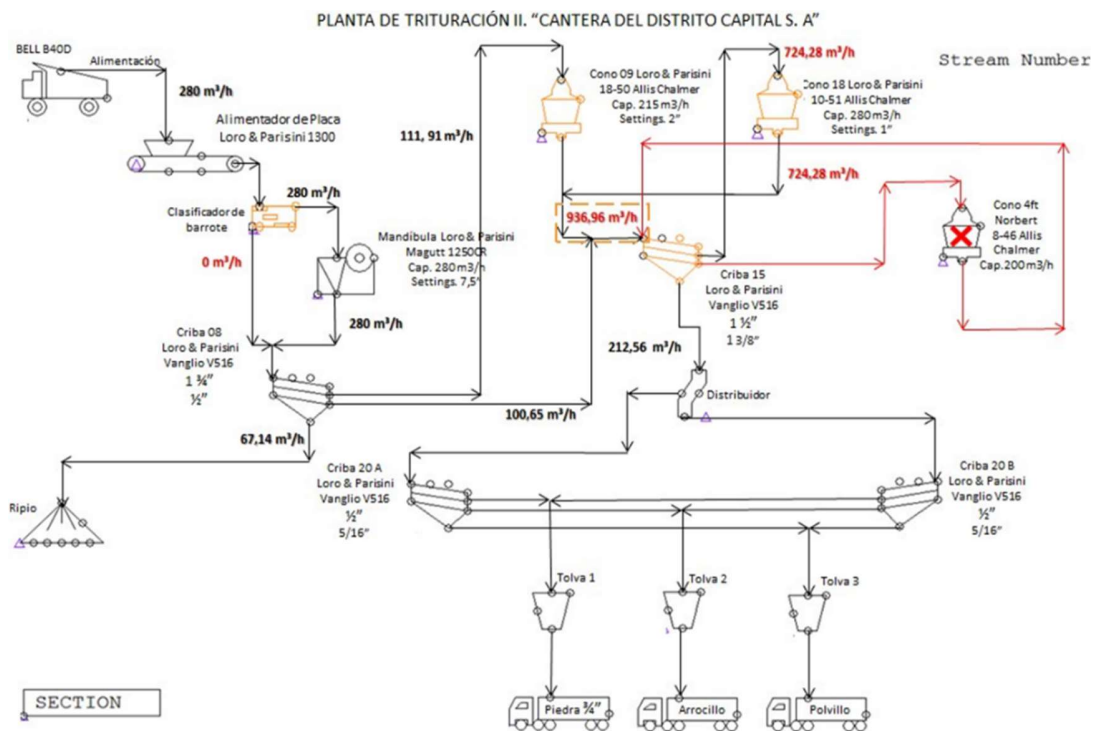


Figura 50. Circuito con la capacidad instalada de planta II.

Tomado de: Estee. (2022).

Los puntos críticos determinados en planta II son los siguientes:

- **Clasificador de barrotes:** no le permite clasificar el material de alimentación, haciendo que pasen directamente a la trituración primaria.
- **Eficiencia en Trituración secundaria (cono 9) y terciaria (cono 18):** estos equipos no alcanzan los valores teóricos de reducción de tamaño esperados, lo cual no supera ni siquiera una relación de 2 a 1, dejando en evidencia el bajo rendimiento realizado en la operación.
- **Flujo de alimentación de la criba 15:** la cantidad de mineral que fluye en este equipo sobrepasa la capacidad de la criba con un total de 936,96 m³/h ocasionando puntos de congestión en el proceso.
- **Criba 15:** exceso de carga circulante lo que implica que la fracción gruesa es mucho mayor a la porción fina, lo cual se debe a la poca eficiencia con la que están operando los equipos de reducción de tamaño, o quizás por causa de la

inoperatividad del cono 4ft.

Planta III

Por su parte Acota (2017) plasmó las condiciones de los equipos de trituración que componen la Planta de Trituración III, mediante las especificaciones técnicas y características de los equipos que intervienen en el proceso de trituración y clasificación para la obtención de arena lavada, esbozados flujo del circuito que se muestra en la figura 51, adicionalmente realizó el balance de masa de Planta III donde se puede observar que el flujo de material debe disminuir en la alimentación del triturador terciario, ya que solo uno de ellos se encuentra operativo desequilibrando así el balance, se obtuvieron los puntos críticos que afectan la obtención de los productos, los cuales se originan por diferentes motivos, como por ejemplo tipo y cantidad del material de la alimentación, condiciones de los equipos de fragmentación y clasificación, la colmatación de algunos equipos debido a la gran cantidad de material que se encuentra recirculando en el circuito y la limitación de la alimentación del circuito para evitar averías mecánicas, entre otras.

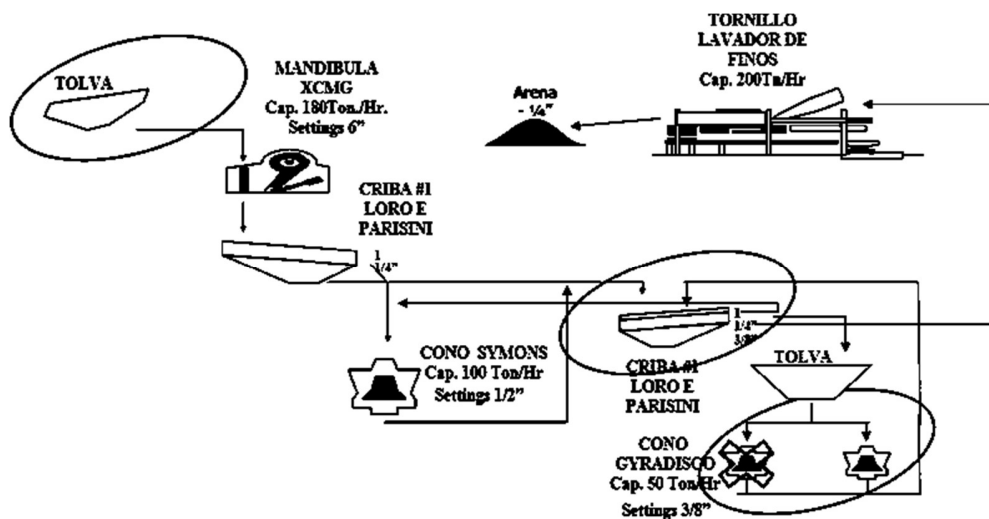


Figura 51. Circuito para la obtención de arena lavada.

Tomado de: Acosta (2017).

En periódicas inspecciones llevadas a cabo para el desarrollo de esta investigación se pudo constatar que las plantas se mantienen operando, en condiciones equivalentes a las antes resaltadas por Estee (2022) y Acosta (2017) ya que la empresa no ha ejecutado adecuaciones propuestas. La empresa solo se ha dedicado hacer mantenimiento correctivo a equipos o partes cuando se avería totalmente estos, en cuanto a los equipos que se encontraban en desusos de las plantas señalados en los diagramas de flujo de las figuras 11 y figuras 51, aún se encuentra inoperativo, no han sido reparado, esto quiere decir que las planta se mantiene operando con las mismas antiguas problemáticas de carga circulante y puntos críticos en el proceso lo que resulta en una baja eficiencia en la producción de agregados en sus distintas presentaciones

A pesar de las deficiencias antes descritas las plantas de beneficio mineral se mantienen operativas, para en periodo del año 2.023 la planta II produjo 51.381,69 m³ entre piedra 2", piedra 1", piedra ¾, arrocillo y polvillo, mientras que plantas III alcanzó 15.284,31 m³ de piedra ¾ y arena lavada, dando como resultado una producción total de 66.666,00 m³/año. Durante el mes de febrero planta II alcanzó su máximo de producción para el 2023 alzando procesar 6.134,00 m³, mientras que planta 2 tuvo su máximo mensual durante el mes de diciembre beneficiando unos 1.945,20 m³. Mientras que se observa que la empresa tuvo su máximo de producción mensual durante los meses de febrero y diciembre obteniendo 7.985,00 m³ en ambos meses.

Tabla 20. Producción de Planta II y Planta III en el año 2023.

Meses	2023									
	Produccion Planta II						Produccion Planta III			CDC
	Piedra 2"	Piedra 1"	Piedra 3/4	Arrocillo	Polvillo	Total Planta 2	Piedra 3/4.	Arena	Total Planta 3	Cantidad m³
Enero	0,00	306,00	1.113,00	492,00	3.995,00	5.906,00	172,00	941,00	1.113,00	7.019,00
Febrero	0,00	405,00	1.409,00	1.338,00	2.982,00	6.134,00	308,00	1.543,00	1.851,00	7.985,00
Marzo	0,00	457,00	1.202,00	995,00	1.802,00	4.456,00	249,00	1.393,00	1.642,00	6.098,00
Abril	0,00	116,00	378,00	391,00	1.008,00	1.893,00	0,00	513,00	513,00	2.406,00
Mayo	0,00	425,00	733,00	505,00	1.409,00	3.072,00	41,00	1.258,00	1.299,00	4.371,00
Junio	0,00	449,00	1.030,00	448,00	2.058,00	3.985,00	0,00	794,00	794,00	4.779,00
Julio	0,00	31,00	1.205,00	538,00	1.407,00	3.181,00	145,00	705,00	850,00	4.031,00
Agosto	0,00	280,00	1.260,00	1.003,00	1.706,00	4.249,00	0,00	1.092,00	1.092,00	5.341,00
Septiembre	252,00	238,00	1.372,00	966,00	2.296,00	5.124,00	0,00	924,00	924,00	6.048,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	322,00	1.946,00	2.268,00	0,00	1.111,00	1.111,00	3.379,00
Noviembre	0,00	347,86	1.565,38	1.246,09	2.119,47	5.278,80	294,98	1.650,22	1.945,20	7.224,00
Diciembre	0,00	384,51	1.730,28	1.377,36	2.342,74	5.834,89	326,05	1.824,06	2.150,11	7.985,00
Total	252,00	3.439,37	12.997,66	9.621,45	25.071,22	51.381,69	1.536,03	13.748,28	15.284,31	66.666,00
Promedio	21,00	286,61	1.083,14	801,79	2.089,27	4.281,81	128,00	1.145,69	1.273,69	5.555,50
Maxproduccion	252,00	457,00	1.730,28	1.377,36	3.995,00	6.134,00	326,05	1.824,06	2.150,11	7.985,00

5.4 Parámetros geométricos para diseño de los frentes de explotación 5 y 6 de Mina II

El diseño de los frentes de extracción se realizará empleando el software minero RecMin versión 7.03, para ello se tomará en cuenta los parámetros geométricos de los frentes de explotación, y la topografía actualizada, además se analizará los datos concernientes al plan de explotación a largo plazo que presenta la empresa así mismo de los datos de los parámetros geométricos, se efectuará los perfiles donde se dimensionan los paramentos geométricos estimados.

Parámetros geométricos

Para modelar el diseño de los frentes de explotación en los niveles 5 y 6, se debe estimar los parámetros necesarios para su dimensionamiento como lo son: parámetros para los bancos de explotación (ancho operativo, altura de banco, ángulo de talud de banco, ancho de berma de seguridad, ángulos de pit final), los parámetros para el diseño

geométrico de vías) y posicionamiento de los equipos.

- **Posicionamiento de los equipos**

Partiendo de los equipos operativos señalado en la sesión anterior, se presenta la Figura 52, que muestra las configuración y las operaciones de los equipos para y cumplir con las planes de producción, en primer lugar se dispone de dos modalidades para el arranque, mediante perforación realizada a través de la maquinaria TAMROCK CHA 660 además emplea arranque mecánico y carga por medio de la excavadora LIEBHERR R964C, mientras que para el acarreo se utiliza el camión articulado BELL B40D, igualmente se muestra que los cargadores frontales operativos mencionados anteriormente se utilizará para realizar labores de manejo en las plantas de beneficio y despacho de material, finalmente para las labores de mantenimiento de vías se realiza con la motoniveladora XCMG GR 165. A continuación, se muestra el esquema de trabajo de las maquinarias empleadas por la empresa para realizar las operaciones de minas, manejo de planta y mantenimiento de vías.

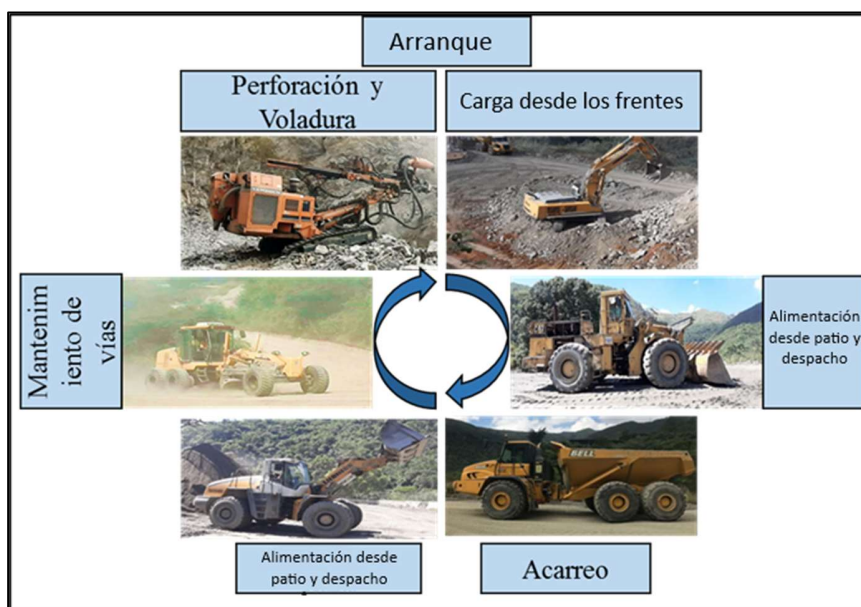


Figura 52. Configuración de trabajo de los equipos en empresa Cantera de Distrito C.A

Descrita las configuraciones y el posicionamiento de los equipos móviles a emplearse en las operaciones mineras, se clasifican los equipos que intervienen para el dimensionamiento y diseño de los parámetros geométricos, en los cuales tenemos el camión articulado BELL B40D, excavadora LIEBHERR R964C, y la Perforadora TAMROCK CHA 66, así como las principales dimensiones de estos equipos. (Ver Tabla 21)

Tabla 21. Principales dimensiones los equipos que operan en los frentes de explotación.

Maquinaria	Largo Total	Ancho total	Altura total
Camión articulado BELL B40D	10,49	3,26	7,23
Excavadora LIEBHERR R964C	11,25	3,29	12,7
Perforadora TAMROCK CHA 660	9,2	2.40-	7,7

- **Parámetros geométricos para los bancos de explotación**

En la Tabla 22 se presenta los parámetros geométricos para el diseño de los bancos de explotación para los niveles en mina 2, donde se puede observar la altura que tendrán los bancos, su inclinación, el ancho de berma, el ángulo del pit final, Altura de banqueteta así como el ancho operativo de trabajo.

Tabla 22. Parámetros geométricos para los bancos de explotación.

PARÁMETROS	Unidad	VALOR
Altura del banco	Metros	15
Angulo de talud del banco	Grados	70
Ancho de berma	Metros	7,5
Altura de banqueteta	Metros	1.6
Angulo de pit-final	Grados	49
Ancho de Trabajo	Metros	39,5

Igualmente, en la Figura 53 se modela el esquema de la configuración de los parámetros geométricos en el área de trabajo observándose que el diseño de los bancos se tomó una altura 15 m y un ángulo de talud del banco de 70° esto siguiendo los lineamientos de los planes de explotación de la empresa; lo que generó un ancho de berma de 7,5 m y un ángulo de Pit final de 49° . Este ángulo de Pit final es menor que los ángulos de las discontinuidades, generando cierto grado de confiabilidad en cuanto a la estabilidad de talud, se obtuvo un ancho operativo mínimo de 39,5 m; según las dimensiones de los equipos a utilizar, la cual será una combinación cargador-camión articulado según operativos de la empresa y el esquema de trabajo antes mencionado. De igual forma esta combinación suele ser una de las óptimas en canteras con este tipo de material.

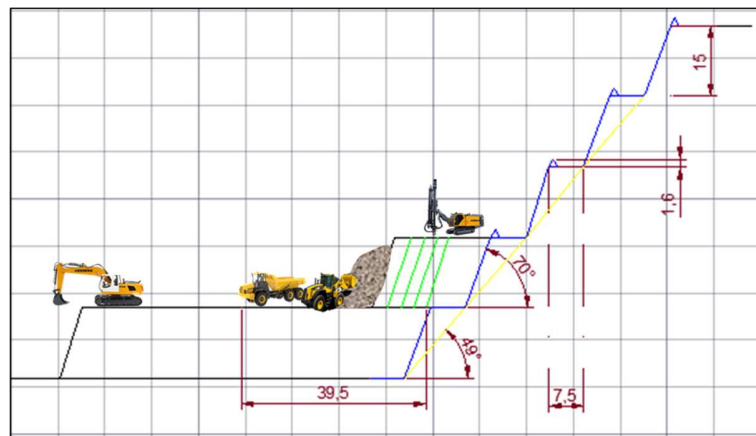


Figura 53. Configuración de los parámetros geométricos en el área de trabajo.

- **Parámetros geométricos para las vías**

Motivado a la configuración operativa actual de la Cantera esta cuenta con dos diseños de vías ya existente que conducen al área de estudio, el tramo de vía principal que conduce desde la conexión de los niveles de Minas II hasta las áreas de apilamiento de las plantas, en la Figura 54 se muestran de color azul los tramos de vía de un solo canal y de color rojo el tramo de vía de dos canales.

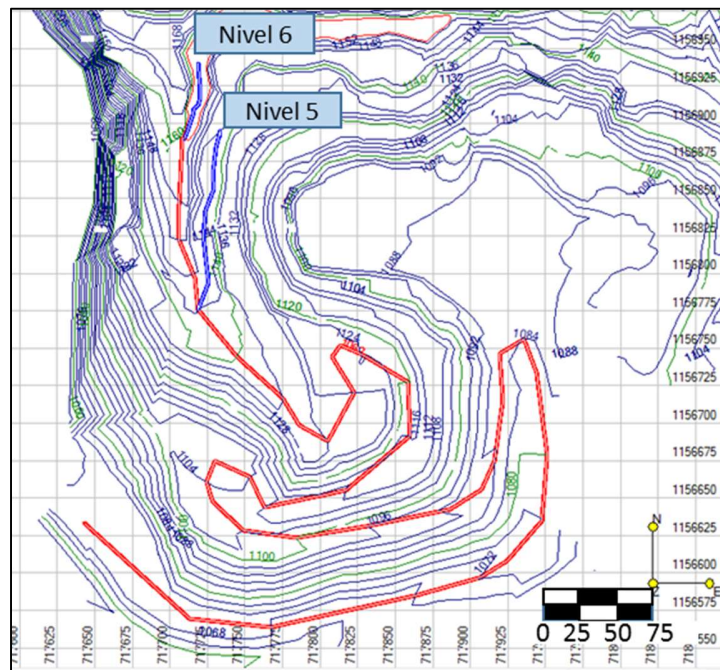


Figura 54. Ubicaciones de los dos tipos de vías en el área de estudio.

Con el fin de determinar los parámetros para el diseño de las vías mineras se definen dos diseños de vías: una con formato de un solo canal y otra con formato de dos canales, ver Figura 55, que muestra el modelo de los dos tipos de vías y en las Tabla 23 se presentan los parámetros evaluados para cada tipo vía, los cuales fueron recalculados de acuerdo a las características del camión operativo que utiliza la empresa para el acarreo, en las mismas se puede apreciar el ancho de vía, la pendiente, el sobrecancho, ancho de cuneta, ancho de berma, altura de berma y finalmente la distancia de seguridad que estas tendrán.

Tabla 23. Parámetros para el diseño geométrico de las vías.

PARÁMETROS	UNIDADES	VÍA DISEÑO 1 (Azul)	VÍA DISEÑO 2 (Rojo)
Cantidad de Canales	Unidad	1	2
Pendiente promedio de la vía	Porcentaje	5	12,5
Ancho del camión	Metro	3,36	3,36
Sobrecancho	Metro	1	1

PARÁMETROS	UNIDADES	VÍA DISEÑO 1 (Azul)	VÍA DISEÑO 2 (Rojo)
Ancho de cuneta	Metro	1	1
Altura de cuneta	Metro	0,5	0,5
Ancho de berma	Metro	2	2
Altura de berma	Metro	1	1
Distancia de seguridad	Metro	1	1
Ancho de vía	Metro	10,36	13,72

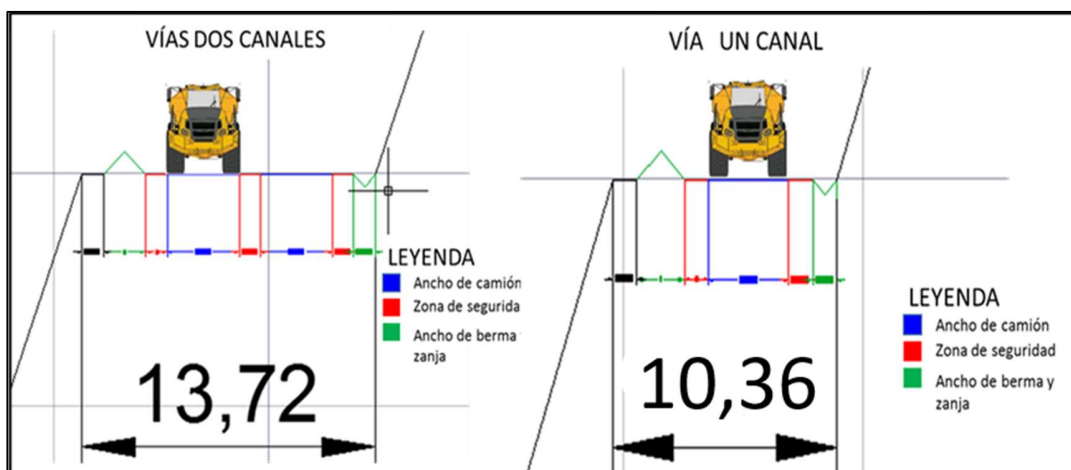


Figura 55. Modelo general del diseño de las vías de uno y dos canales.

En la Tabla 24, se suministran los parámetros de vía de como: la pendiente promedio de la vía, la distancia total que existe desde el área de beneficio mineral hasta la el área de estudio, las pendientes para los tramos que conecta los niveles a vía de acceso de color azul en la Figura 54, componen la vía de acceso van desde 5 % con una distancia máxima de 140 m, el segundo tramo une los acceso desde niveles hasta el área de las plantas de color rojo en la Figura 54, esta es la vía principal tiene una pendiente aproximada de 12,5 % y una longitud de 1.226,00 m para un total de 1366,00 m a recorrer por los vehículos de acarreo.

Tabla 24. Parámetros para el diseño de las vías (distancia).

TRAMO	CANALES	PENDIENTE (%)	DISTANCIA VÍA (m)
Niveles a vía de acceso	1	5	140,00
Acceso desde niveles a planta	2	12,5	1.226,00

Fuente: Elaboración propia

Observaciones de los parámetros geométricos

Evaluando de los parámetros geométricos de diseño mostrados anteriormente se tiene que la configuración para la altura del banco corresponde a 15 m de altura, manteniendo la altura promedio utilizada por la empresa del altura de los bancos de explotación en los niveles inferiores de mina 2, el ángulo de talud del banco coinciden con la orientación que lleva la misma para extraer los frentes es decir de 70°, en relación al ancho de berma, se estimó un ancho de berma de 7,2 m para el diseño de las áreas de explotación, en cuanto a los parámetros para el diseño de las vías se mantiene dos formatos debido a los observaciones antes realizadas, que mantienen dos tipos de vías una de un solo canal empleadas en las accesos desde la vía principal hasta los frentes de explotación, en la que obtuvo un ancho de vía de 9,36 m con una pendiente variable promedio de 5 % y la otra se presenta con formato de doble carril que conecta a la áreas de plantas hasta el acceso a los frentes de mina, en la que se obtuvo un ancho de vía de 13,2 m con pendiente de 12,5%, ambos diseños cuentan con sus parámetros de seguridad. En relación con el ancho operativo de trabajo reflejado en la Tabla 22 es en promedio 39,5 m, con una altura de banco promedio de 15 m. Según los parámetros geométricos descritos, se puede decir que, contemplan técnicamente, la configuración de diseño geométrico que utiliza la cantera para el desarrollo de su Pit final según el plan de explotación y unificación de Mina I y Mina II.

En la Figura 56 se muestra la actualización topográfica de la zona de estudio donde se

aprecia las isocotas correspondientes a las cotas. Se efectuó a través del modelado con el Software minero RecMin versión 7.03, para ello se digitalizaron los datos obtenidos del levantamiento topográfico efectuado en campo y se interceptaron con la topografía general de la mina tomada del plan de explotación, donde se identifica la zona de estudio correspondiente los niveles 5 y 6 mediante el círculo de color morado y rojo respectivamente. Es importante resaltar que el área comprende dos niveles de la Mina II y está delimitada por las cotas 1160 y 1144 msnm.

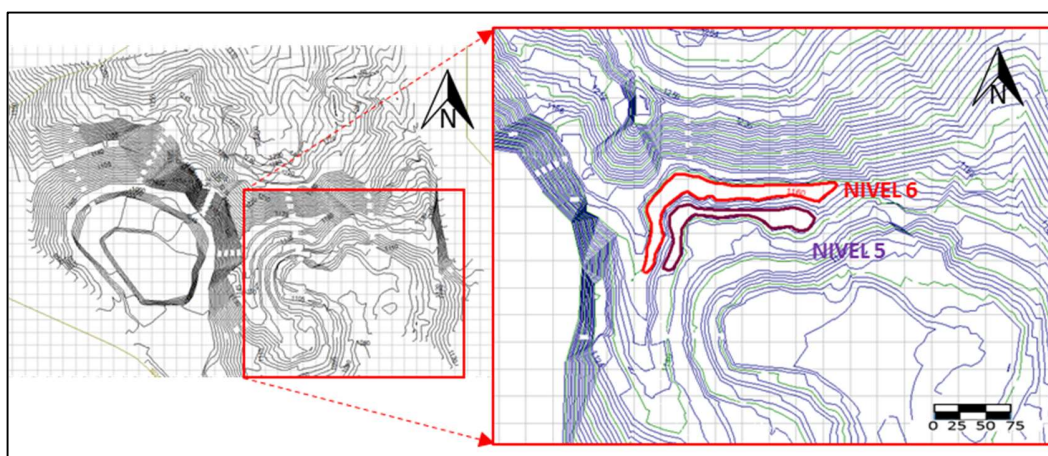


Figura 56. Actualización topográfica de la zona de estudio.

En la Figura 57, observa una comparación del diseño 3D modelado a través del Software minero RecMin, y una fotografía de sector Norte de Mina 2, donde se aprecia los 7 niveles de explotación actuales, resaltando lo rojo y morado los niveles 5 y 6, de interés para realizar el plan a mediano plazo.

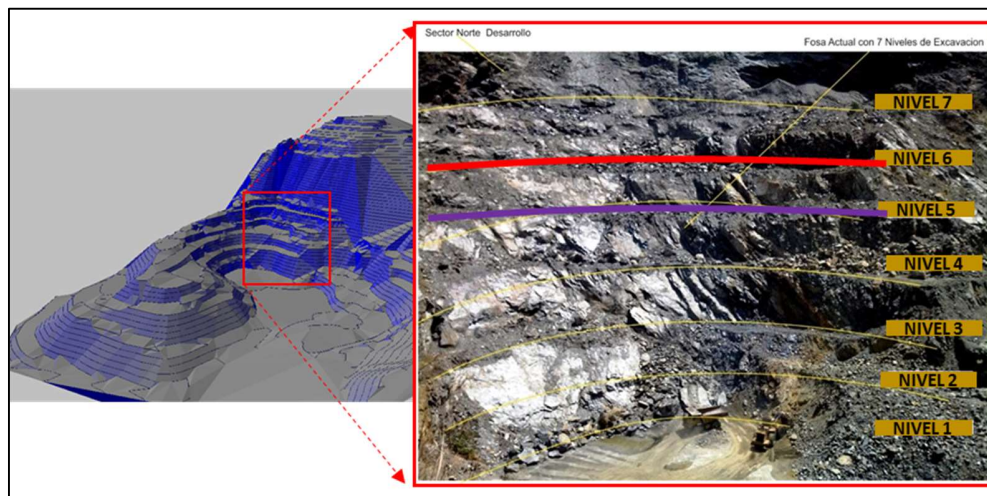


Figura 57. Vista 3d de fosa, sector Norte y Medio de Mina 2, presenciando los 7 niveles de explotación actual.

5.5 Estimación de los parámetros variables de perforación y voladura

En esta sesión se expondrá lo referente al cálculo de los parámetros para el diseño del patrón de perforación y voladura estimada para la zona de estudio, en primer lugar se presenta las medidas o datos de entrada necesarios, se calcula los variables controlables se ilustra el patrón de voladura seleccionado, se estima la cantidad de material planificado satisfacer según la demanda ajustado a la capacidad operativa de la empresa según la configuración de trabajo de las maquinarias disponibles en los frentes de mina. Finalmente se determina la cantidad de material explosivo requerido para alcanzar producción estimada y cumplir con los planes de avance en los niveles

Medidas necesarias para el cálculo de los parámetros de perforación y voladura

En la Tabla 25. Se muestra los parámetros y sus valores, necesarios para calcular el diseño de las variables controlables del patrón de perforación y voladura, entre estas variables tenemos: resistencia a la compresión simple densidad de la roca (gr/cm^3); diámetro del barreno, altura del banco (m), inclinación del barreno, densidad (ρ_a) ANFO; y densidad (ρ_e) emulsión, la densidad fue determinada por Estee (2022). En su trabajo de especial de grado.

Tabla 25. Medidas necesarias para el cálculo de los parámetros de perforación y voladura

PARÁMETRO	Unidad	VALOR
Resistencia a la compresión simple	(MPa)	50,51
Densidad de la roca	(gr/cm ³)	2,75
Diámetro del barreno	(mm)	107.95
Altura del banco	(m)	15
Inclinación del barreno	grados	10
Densidad (ρ) ANFO	(gr/cm ³)	0,82
Densidad (ρ) Emulsión	(gr/cm ³)	1,2

Parámetros de Voladura Estimados

Se determina los parámetros para el desarrollo de los planes de perforación y voladura de los bancos de explotación de la cantera, se plantea calcular teóricamente los explosivos para la carga de columna del barreno así como así como la carga de fondo, la profundidad del barreno, con la finalidad de proponer un diseño de perforación ajustado a la altura planificada de los bancos de explotación de la zona de estudio. A continuación, se presenta en la Tabla N°26, los resultados obtenidos en donde se muestra de forma detallada los parámetros de perforación y voladura propuestos, según la ecuación de C. Konya, el retiro que es uno de los valores principales para la estimación de los demás parámetros, da similar a los empleados por la empresa según los diagramas expresados en el plan de explotación, resultando un retiro de 3 m, un espaciamiento redondeado a 4 m con una altura de banco de 15 metros, resultando que cada barreno tiene un volumen de influencia de 180 m³, igualmente se determinó la cantidad de explosivo en la carga de columna dando como resultado 80 kg, este valor se redujo según lo estimado con la fórmula para disminuir la carga el factor de carga, en cuanto a la carga de fondo, se estimó en 3,9 kg componiéndose de 2 cartuchos de emulsión 65mmx400mm y un Booster de 450gr. Resultando en una carga total por barreno de 83,9 lo que deriva un factor de carga 0,446.

Tabla 26. Descripción de los parámetros de perforación y voladura propuestos.

PARÁMETRO	Unidad	VALOR
Retiro	(m)	3
Espaciamiento	(m)	4
Taco	(m)	3
Sobre perforación	(m)	0,9
Longitud de barrenos	(m)	15,9
Explosivo usado		Anfo/Emul 65x400
Numero de cartuchos de Emulsión	(pzas)	2
Concentración Carga de fondo	(kg/m ³)	3,9
Concentración Carga de columna	(kg/m ³)	8,36
Carga de fondo	(kg)	3,9
Altura de la carga de fondo	(m)	1,2
Carga de columna	(kg)	80
Altura de carga de columna	(m)	11,7
Taco	(m)	3
Volumen de influencia (m ³)		180
Carga total (kg)		83,9
Factor de carga (kg/m ³)		0,446

Patrón de perforación y voladuras

Se mantiene el patrón de perforación y voladura empleados en Canteras del Distrito Capital S.A, debido a que las estimaciones anteriores resultaron el mismo valor de 3 metros de retiro entre el borde del talud y cada fila, 4 metros de espaciamiento entre huecos de una misma fila, bajo el sistema tresbolillo o perforación triangular y una altura de banco de 15 metros lo cual daría en total 180 m³/barreno "in situ". Véase (Figura 58).

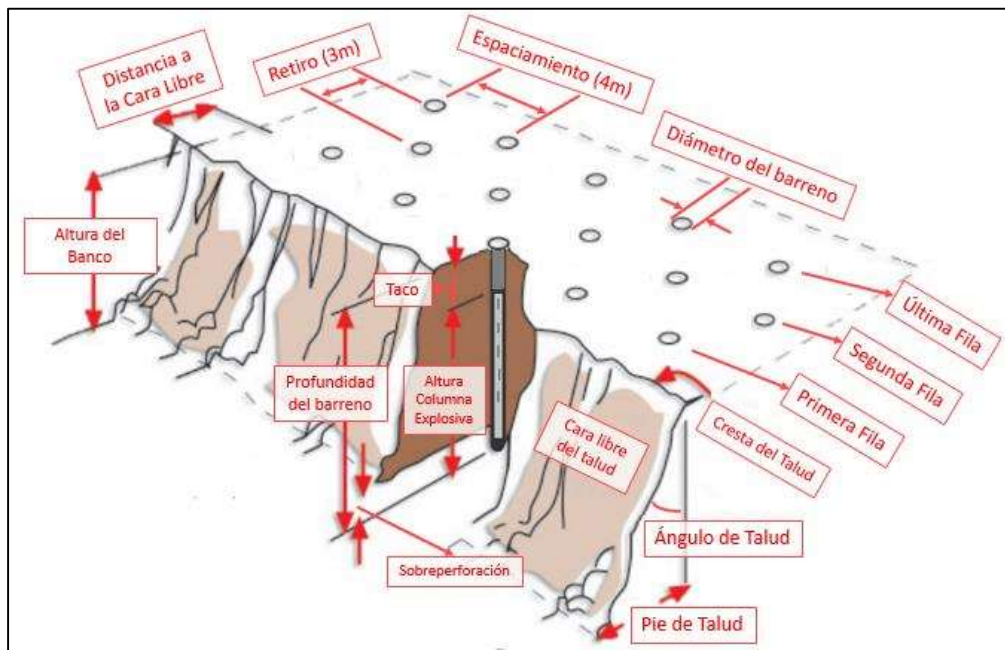


Figura 58. Esquema de perforación tresbolillo en banco.
Modificado de: Plan de Explotación Canteras del Distrito Capital S.A

Avance en los frentes 5 y 6 de Mina 2.

Para determinar la cantidad de explosivos y accesorios necesarios para el avance en los frentes 5 y 6 de Mina 2, se debe establecer la cantidad de agregado necesario para cumplir con la demanda del mercado y determinar si la empresa está en la capacidad de producir esta cantidad de mineral requerida para el mercado.

Capacidad Productiva de la empresa según la configuración de trabajo de las maquinarias de mina.

Para ello se debe calcular la capacidad operativa de la combinación de equipos móviles en primer lugar se debe estimar el rendimiento o la velocidad promedio en los tramos de vías, considerando las especificaciones técnicas de los equipos de acarreo.

Rendimiento en vía del camión BELL B40D

- **Pendiente desfavorable**

La vía Acceso permitirá ingresar a los niveles superiores de Mina II, en este caso los

niveles 5 y 6, estos niveles están a una altura más elevada que el área de plantas, esto implica que los camiones roqueros ingresarán vacíos a la vía de acceso. La pendiente de la vía de Acceso es de 12,5%, y de 5 % en la vía de conexión de los niveles, a estas pendientes se le sumara una resistencia a la rodadura del 3%. Para evaluar la velocidad teórica de los camiones de acarreo se empleará las gráficas de rendimiento extraída de los manuales.

En la figura 59, se observa que el camión BELL B40D sube por la vía de acceso desplazándose las velocidades promedio de 20 km/h, por el tramo de acceso de la vía principal, y 30 km/h en el tramo de vía secundario.

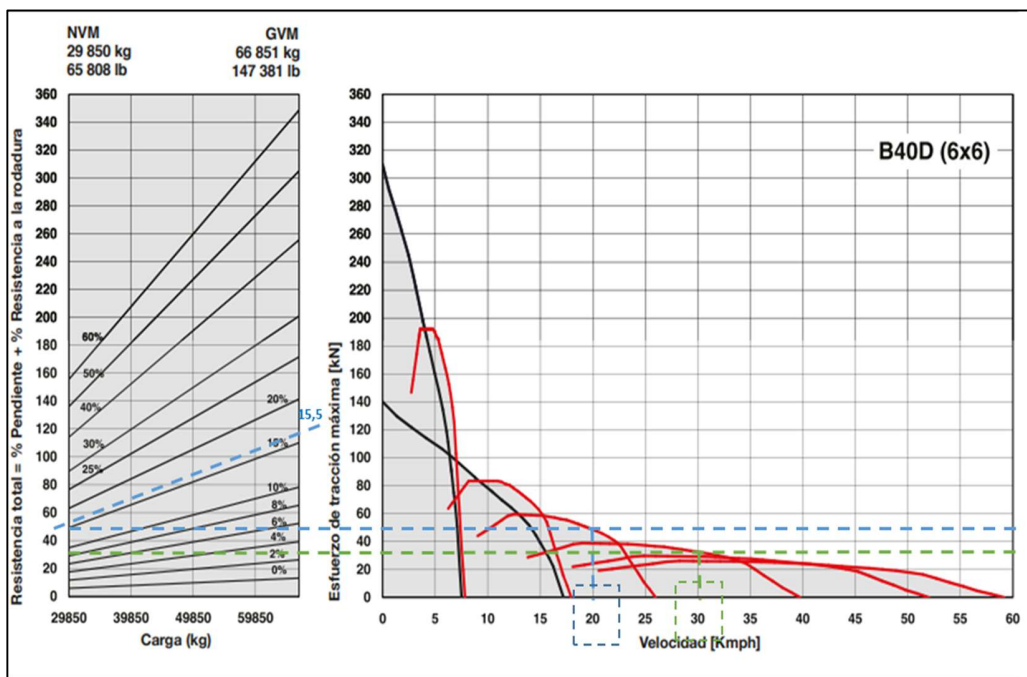


Figura 59. Rendimiento de tracción del camión BELL B40D en la vía.
Modificado de: Ficha técnica de camión articulado BELL B40D

- **Pendiente favorable**

Esta vía los camiones descienda cargados desde los niveles de estudio hasta el área de plantas. La pendiente de la vía de acarreo es de 12,5 %, y 5 % a esta, para determinar el rendimiento de los vehículos de acarreo no se considera la resistencia a la rodadura.

Debido a que la pendiente es descendiente en todo el recorrido, todo ello para evaluar la velocidad teórica de los camiones de acarreo, en la Figura 60, se observa la gráfica del ficha técnica para estimar la velocidad que el camión BELL B40D desciende por la vía desplazándose las velocidades promedio de 27,5 km/h en la vía de acceso principal y para el tramo de vía secundario de los niveles se estima en 40 km/h, pudiendo alcázar mayores velocidades pero por seguridad se mantiene en la velocidad indicada

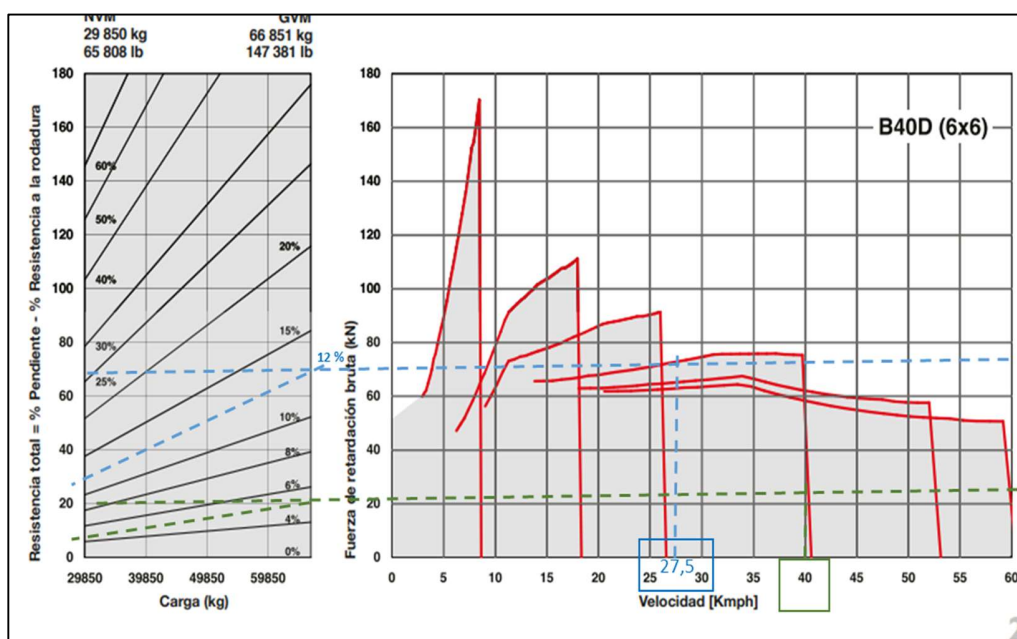


Figura 60. Rendimiento del camión BELL B40D en la vía descendiendo.

Modificado de: Ficha técnica de camión articulado BELL B40D

Tiempo de ciclo estimado

A continuación, se calcula el tiempo aproximado de recorrido que se demora el camión de acarreo para efectuar un ciclo completo, desde que ingresa a la zona de carga en los niveles de estudio hasta las plantas de beneficio. En la Tabla 27, se muestra la distancia de recorrido de cada uno de los tramos que deberán recorrer el camión tanto cargado como en vacío, la velocidad de los equipos según los gráficos técnicos de los camiones consultados en las fichas técnicas, además el tiempo por cada tramo de vía que recorre

el equipo.

Tabla 27. Tiempo teórico y práctico estimado para el ciclo de acarreo.

Tramo		Pendiente (%)	Recorrido (Km)	CASO TEÓRICO		CASO PRÁCTICO	
				Velocidad de Acarreo (Km/h)	Tiempo de por Tramo (min)	Velocidad de Acarreo (Km/h)	Tiempo de por Tramo (min)
Vacío	Niveles	5,00	0,14	30	0,28	5	1.68
	Principal	12,50	1,23	20	3,68	15	4.92
Cargado	Niveles	5,00	0,14	40	0,21	8	1.05
	Principal	12,50	1,23	27,5	2,68	20	3.69
Tiempo de Acarreo (min)					6,84		11.34
Tiempo de Carga y Descarga (min)					8		8
Tiempo de Ciclo (min)					14,84		19.34 ≈ 20

Capacidad productiva según equipos móviles

En la Tabla 28 se observa la capacidad productiva actual de la empresa, con un camión de acarreo operativo, este camión en estaría en la capacidad de producir de 63 metros cúbicos de material primario por hora, empleando un factor de llenado de 85%, y 7 horas efectivas de turno al día, esto implica que la producción diaria estaría al alrededor de 441 m³/día, para un total al mes de 8.820,00 m³/mes, operando 20 días al mes, si a esta cantidad le asignamos un porcentaje de disponibilidad mecánica de 85% debido a que el equipo es relativamente nuevo y sus paradas de mantenimiento no son pronunciadas, resulta una cantidad de 7.497,00 m³ al mes.

Tabla 28. Capacidad Productiva de la empresa según la configuración de trabajo.

Equipo	Tiempo de Ciclo (min)	Capacidad de Carga al 85%	Acarreo (m ³ /h)	Acarreo (m ³ /día)
Bell B40D	20	21,00	63	441
Capacidad total mes				7.497,00

Volumen estimado para la planificación

Se establece como volumen base para planificación el promedio de la demanda mensual, con un valor 5.680,00 m³, ver Tabla 18, para realizar la estimación de los explosivos necesarios y los avances o secuencia de extracción, el volumen a extraer no representa un problema desde el punto de vista de capacidad operativa y productividad en las plantas. En condiciones prácticas la capacidad de acarreo es de 7.497,00 m³ mensuales, según la disponibilidad y configuración seleccionada nos indica que con la maquinaria actual se puede suplir la demanda del mercado, y a su vez con las plantas de beneficio mineral a pesar del estado actual permitiría procesar según su máximo de producción mensual para 2023 unos 7.985,00 m³, lo que permite satisfacer la exigencia de productos según la demanda actual. (ver Tabla 29)

Tabla 29. Comparación de la demanda Vs Capacidad Productiva Práctica y la Producción en plata.

	Demanda Promedio	Producción Planta	Capacidad operativa de equipos móviles
Definición	Promedio Mes 2.023	Max Prod. Mes 2.023	Práctica
Cantidad (m ³)	5.680,00	7.985,00	7.497,00

Cabe destacar que los datos de producción requerido corresponden a valores de mineral suelto, es decir, para ello se utilizó el factor volumétrico de conversión de 1,4 de dilatación, en la Tabla 30 se muestra el resultado de la transformación de volumen suelto a volumen banco, seguidamente se calcula la cantidad de barrenos para

necesarios para extraer el volumen mensual requerido.

Tabla 30. Conversión volumétrica.

Volumen suelto (m³)	5.680,00
Volumen Banco (m³)	4.057,00
Nº de Barrenos	23,00

A continuación se presenta la Tabla 31, que muestra la cantidad de material explosivo y accesorios requerido para los niveles planificados de altura de bancos de 15m, las sustancias explosivas calculadas se encuentran; Anfo, Emulsión Magnafrag Ultrex, Booster de pentolita Pentex y los accesorios estimados son, Detonadores serie Exel MS, Conectadet Eztl y/o NTD, Detonadores corrientes o fulminantes #8 y la Mecha de seguridad lenta, todos ellos calculados en base al requerimiento mensual.

Tabla 31. Cantidad de material explosivo requerido para una producción de 5680 m³.

Material explosivo / Accesorios	Requerimiento unitario Por barreno	Total
Anfo (Kg)	60,00	1380
Emulsión Magnafrag Ultrex 65x400 (Kg)	2,00	46
Booster de pentolita Pentex 450g (ud)	1,00	23
Detonador/conector Exel Handidet 17/350, 42/350, 17/500, 17/700 de 80,70 o 60 pies	1,00	23
Conectadet Eztl y/o NTD de 17, 42 de 20, 30 o 40 pies	1 cada 10 barrenos	3
Detonadores corrientes o fulminantes #8	4 por voladura	4
Mecha de seguridad lenta	5m/voladura	5

5.6 Plan de avance y secuencia de frentes de explotación 5 y 6 de la Mina 2.

A continuación, se muestran las estimaciones del volumen existente en los niveles 5 y 6 de Mina 2 de Canteras Del Distrito Capital S.A, esta estimación se realizó con la ayuda del Software Minero Recmin versión 7.03. Se describe cómo sería el avance y

secuencia para la explotación de los referidos niveles, a su vez se calcula el tiempo vida útil de estos niveles bajo la planificación que prioriza satisfacer la demanda de agregado. Se muestra el modelo 3D se la secuencia de extracción, y finalmente se presenta una tabla donde se representa la secuencia y la cantidad mineral a extraer, con sus respectivas estimaciones de explosivos y accesorios necesarios.

Estimación de los volúmenes

Para el cálculo del volumen se empleó las iteraciones diseñadas en la herramienta tecnológica el Software Minero Recmin, donde se estimó la cantidad de volumen a remover según el corte realizado basado en los parámetros geométricos de diseño de mina y la topografía actual de los niveles de interés, se muestra el resultado de las iteraciones, estimando un volumen de 34.457,25 m³ para el nivel 6 y de 42.196,90 m³ para el nivel 5, para un total de 76.654,15 m³. Ver Figura 61

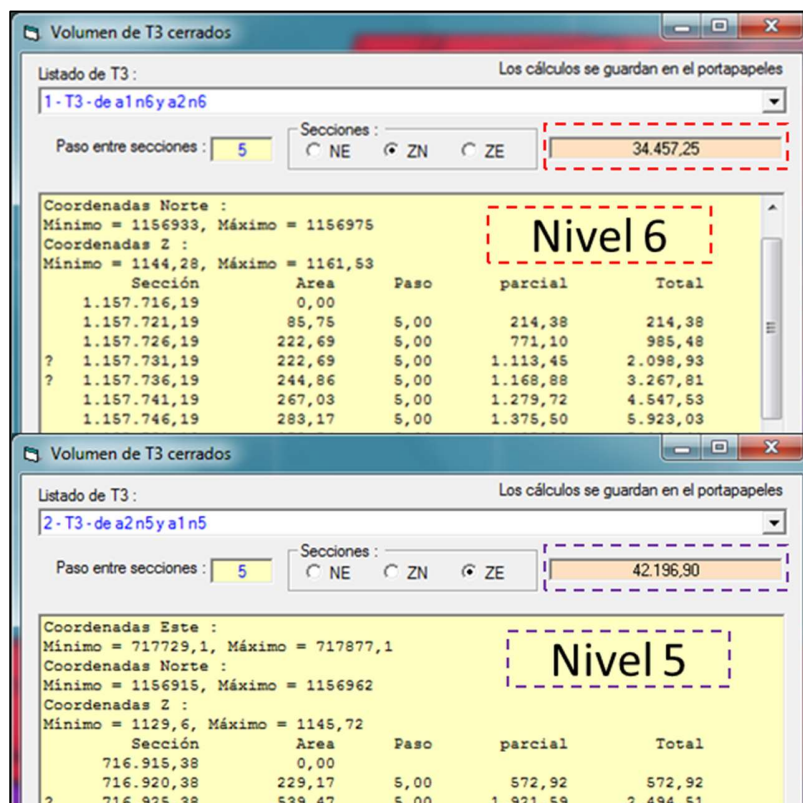


Figura 61. Estimación del volumen total de los niveles 5 y 6.

Considerando el volumen banco total determinado anteriormente de 76.654,15 m³, se le asigna el factor de esponjamiento de 1,4, según Plan de explotación de Canteras del Distrito Capital S.A, generando como resultado 107.315,81 m³ de volumen suelto; se estima la vida útil de los frentes según ritmo histórico de demanda, donde se planifica el material acarreado mensualmente 5.680,00 m³/mes, dando como resultado 18 meses de planificación. Si se considera el ritmo de acarreo se tiene una vida útil de 14 meses.

Descripción de secuencia y avances del área de estudio

La figura 62 representa la generalidad de la zona de estudio, en donde se esquematiza el avance de mina, el cual se plantea comenzar desde el nivel 6, la secuencia de extracción de mina será en orden decreciente, es decir se va a extraer en primer lugar el bloque correspondiente generado en el nivel 6 que comprende la cota 1160 y 1145. Con dirección de avance de este a oeste (dirección de la flecha de color rojo), la explotación se plantea en esta dirección debido al resguardo del acceso al nivel (enmarcado en el círculo de color azul), así garantizar la producción y el orden adecuado de extracción. Finalizado la extracción del nivel 6 se continúa con la secuencia, extrayendo el nivel inferior, es decir el nivel 5 el cual está comprendido entre las cotas 1145 hasta la cota 1130, manteniendo la dirección de arranque de este a oeste.

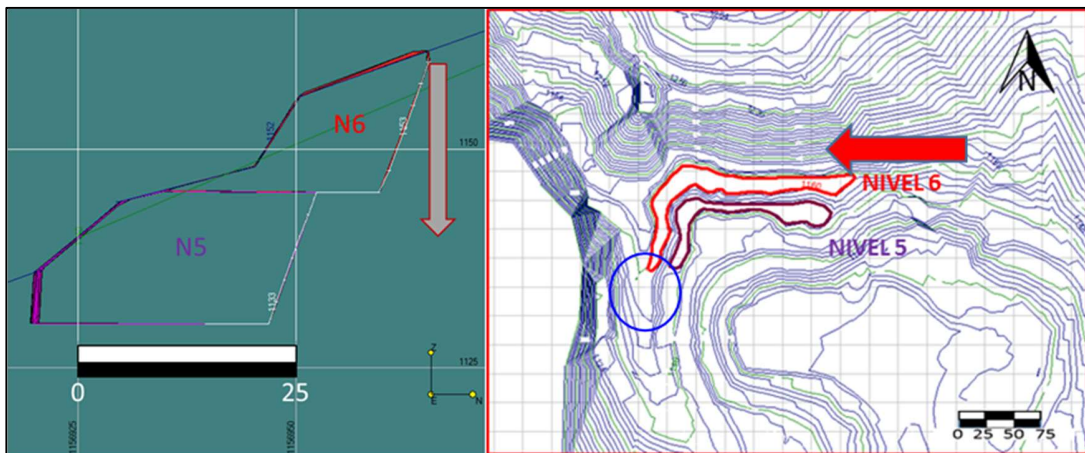


Figura 62. Vista de perfil secuencia de extracción de los niveles 5 y 6.

Modelos 3D del avance en los niveles 5 y 6

En la Figura 63, se muestra un collage de 4 imágenes en vistas 3D de mina 2, en la sección A se muestra la superficie topográfica actualizada de la zona de estudio previo a la explotación las secuencia para los niveles planificados, en la sección B se muestra en volumen a remover de los niveles 5 y 6, de color morado y rojo respectiva. En la sección C muestra el frente de explotación luego de extraído completamente el nivel 6, manteniendo sin explotar el nivel 5, finalmente se muestra la parte D, se muestra el modelo 3D de Mina 2 luego de explotado los niveles 5 y 6, se enmarca en color rojo la topografía modificada luego de extraer los bloques de los niveles planificados. Cabe destacar que este diseño de explotación mantiene los parámetros geométricos estimados en los apartados anteriores.

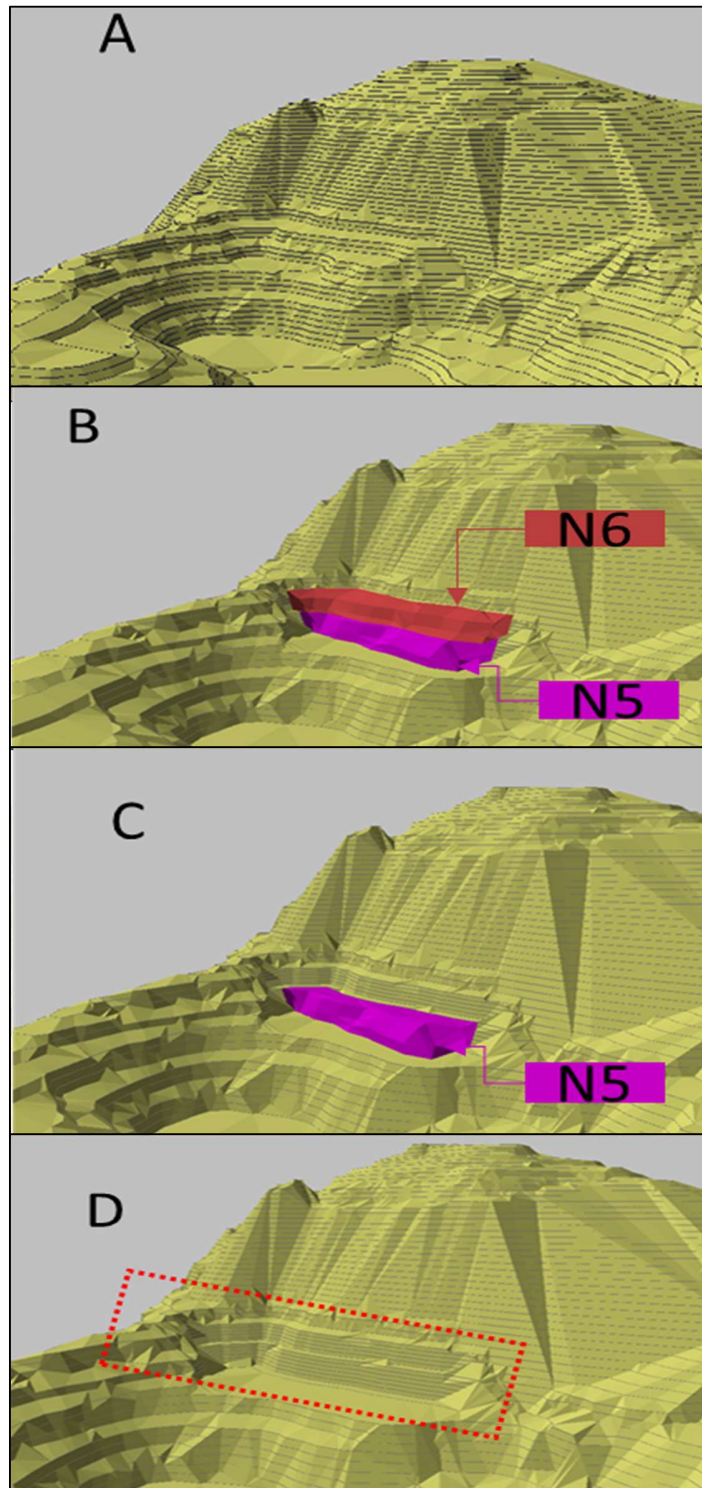


Figura 63. Vista 3D del avance de los niveles 5 y 6.

Cuadro de avance y frecuencia

En la Tabla 32 se puede apreciar el orden de avance descrito anteriormente, donde se inicia la explotación es sector este del nivel 6, para ir avanzando en sentido oeste, hasta llegar a las vías de acceso que une con la vía principal, Igualmente se muestra los volúmenes a traer mensualmente para cumplir la exigencia del mercado, adicionalmente se estima detalladamente la cantidad de explosivos y accesorios necesarios para cada voladura.

Tabla 32. Volumen por voladura y cantidad de explosivos y accesorios necesarios para remover los niveles 5 y 6.

Nro de voladura	Nivel	Cola Superior	Cola Inferior	V'ohmen Banro (m³)	V'ohmen suelto (m³)	Nº de Barrenos	Anfo (Kg)	Emulsión (Kg)	Booster (unidad)	Detonador/conector Exel Handidet (unidad)	Conectadet Eztl (unidad)	Fulminantes #8 (unidad)	Mecha de seguridad lenta (m)
1	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
2	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
3	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
4	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
5	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
6	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
7	6	1,160.00	1,145.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
8	6	1,160.00	1,145.00	6,057.30	8,480.22	37	2220	74	37	37	4	4	5
9	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
10	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
11	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
12	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
13	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
14	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
15	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
16	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
17	5	1,145.00	1,130.00	4,057.14	5,680.00	23	1380	46	23	23	3	4	5
18	5	1,145.00	1,130.00	5,682.61	7,955.65	32	1920	64	32	32	4	4	5
Total	2			76,654.15	107,315.81	437	26,220	874	437	437	56	72	90

CONCLUSIONES

En función del análisis de resultado se obtuvieron las siguientes conclusiones:

El macizo rocoso presente en los frentes de explotación 5 y 6 de la Mina 2 se clasifica como de buena calidad, con un RMR básico de 72 y 68, respectivamente. Esto indica que el macizo tiene condiciones geomecánicas favorables para las operaciones mineras.

La roca intacta se caracteriza como moderadamente dura, con un promedio de resistencia a la compresión simple promedio de 50,51 MPa y una resistencia a la tracción indirecta de 15 MPa.

El análisis de las discontinuidades reveló la presencia de bloques de tamaño medio en el frente 5 y bloques pequeños en el frente 6, con un espaciamiento moderadamente junto en ambos casos.

Se agruparon las principales empresas que compiten en la generación y comercialización de productos con las mismas características que las producidas por la empresa, destacando que en el área del distrito Capital existen 6 empresas más que participan en este sector.

La importancia de alinear la producción minera con la demanda del mercado; mediante la evaluación del comportamiento del mercado y la demanda de agregados, se pudo ajustar la planificación de la explotación para satisfacer las necesidades comerciales actuales. Este enfoque no solo optimiza la producción, sino que también garantiza que los recursos minerales se aprovechen de manera óptima, generando mayores beneficios económicos para la empresa.

Se realizaron fichas técnicas de los equipos móviles donde se muestran características técnicas y los parámetros operativos que estos presentan, el nombre y tipo de equipo, la marca, el modelo capacidad, una descripción y el estado actual de los mismos

La elaboración de fichas técnicas para cada equipo móviles permitió determinar la disponibilidad de estos, donde el 41 % corresponde a la cantidad de equipo que se encuentra disponibles para operar y 59 % de los equipos móviles se encuentran

inoperativos, De 17 equipos móviles que se encuentran en el parque automotor de la empresa solo 7 se encuentran operativos.

Basado en las características técnicas de los equipos móviles se estimaron parámetros geométricos en el área de trabajo, donde los bancos tendrán una altura 15 m y un ángulo de talud del banco de 70°; lo que generó un ancho de berma de 7,5 m, un ángulo de Pit final de 49° y un ancho operativo mínimo de 39 m.

Se conserva dos tipos de vías, una de un solo canal empleada en los accesos desde la vía principal hasta los frentes de explotación, en la que obtuvo un ancho de vía de 10,36 m con una pendiente variable promedio de 5 % y la otra se presenta con formato de doble carril que conecta a el área de plantas hasta el acceso a los frentes de mina, en la que se obtuvo un ancho de vía de 13,2 m con pendiente de 12,5%, ambos diseños cuentan con sus parámetros de seguridad.

Se calcularon el patrón de voladura, resultando un retiro de 3 m, un espaciamiento redondeado a 4 m con una altura de banco de 15 metros, volumen de influencia de 180 m³, igualmente se determinó la cantidad de explosivo en la carga de columna dando como resultado 80 kg, se estimó en 3,9 kg de carga de fondo componiéndose de 2 cartuchos de emulsión 65mmx400mm y un Booster de 450gr. Obteniendo una carga total por barreno de 83,9 lo que deriva un factor de carga 0,446.

Se determinó la capacidad de acarreo de la empresa tomando en cuenta el camión operativo, el cual da como resultado 63 metros cúbicos de material primario por hora, empleando un factor de llenado de 85%, y 7 horas efectivas de turno al día, esto implica que la producción diaria estaría al alrededor de 441 m³/día, además se asignó un porcentaje de disponibilidad mecánica de 85%, para un total al mes de 7.497,00 m³/mes, capaz de cumplir con la baja demanda actual.

El software RecMin ha demostrado ser una herramienta invaluable para la actualización y manejo de datos topográficos. Gracias a su capacidad para digitalizar datos obtenidos en levantamientos de campo, se facilita la creación de modelos precisos de la topografía actual. Este software permite la integración de datos topográficos

obtenidos de diversas fuentes, optimizando el análisis y la planificación en minería. Al emplear RecMin, se pueden generar isolíneas y perfiles topográficos detallados, los cuales son esenciales para una correcta evaluación y diseño de proyectos mineros.

Se modela el avance de los frentes de Mina II, el cual se plantea comenzar desde el nivel 6 la secuencia de extracción en orden descendiente, es decir se va a extraer en primer lugar el bloque correspondiente generado en el nivel 6 que comprende la cota 1160 y 1145, con dirección de avance de este a oeste, para resguardo el acceso al nivel, Finalizado la extracción del nivel 6 se continúa con la secuencia, extrayendo el nivel inferior, es decir el nivel 5 el cual está comprendido entre las cotas 1145 hasta la cota 1130, manteniendo la dirección de arranque de este a oeste.

La estimación de volumen es un aspecto crítico en la gestión de recursos mineros y el software RecMin ofrece una solución eficaz para esta tarea. A través de sus módulos, es posible calcular de manera precisa los volúmenes de extracción y movimiento de tierra. RecMin permite modelar y visualizar los depósitos minerales, facilitando la estimación de recursos y reservas. Esta funcionalidad es fundamental para la planificación y toma de decisiones, ya que proporciona datos exactos sobre la cantidad de material disponible, optimizando así la explotación y minimizando los riesgos económicos y operativos

El modelamiento en tres dimensiones es una de las capacidades más destacadas de RecMin. Este software permite crear modelos tridimensionales detallados de los yacimientos y de las operaciones mineras, lo que mejora significativamente la visualización y comprensión del proyecto. Con RecMin, se puede rotar, hacer zoom y volar sobre los modelos, proporcionando una perspectiva completa y detallada del terreno y de las estructuras subterráneas. Esta capacidad de modelado 3D facilita el análisis de diferentes escenarios y la planificación estratégica, permitiendo a los ingenieros y geólogos identificar y resolver potenciales problemas antes de que se presenten en la operación real

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los análisis y conclusiones realizados se presentan las siguientes recomendaciones:

Se recomienda realizar un análisis de estabilidad de los frentes siguientes de explotación, considerando los parámetros geomecánicos determinados en este estudio, para garantizar la seguridad de las operaciones mineras.

Para aprovechar al máximo RecMin, se debe asegurar una integración robusta de todos los datos relevantes. Esto incluye información geológica, topográfica y de volúmenes de extracción. Una base de datos centralizada y bien gestionada permitirá realizar análisis precisos y tomar decisiones informadas.

La precisión en los levantamientos topográficos es crucial. Se recomienda realizar estos levantamientos de manera regular y detallada, utilizando equipos de alta precisión. Estos datos deben ser integrados en RecMin para crear modelos tridimensionales precisos de los frentes de explotación.

Considerar la implementación de técnicas de modelado numérico y simulación para evaluar escenarios de carga y diseñar sistemas de soporte adecuados para las condiciones específicas del macizo.

Desarrollar protocolos y procedimientos de seguridad para las actividades de minado, que incluyan medidas de mitigación y respuesta ante posibles fallas o inestabilidades en los taludes.

Se elabore y ponga en ejecución un plan de mantenimiento y recuperación de los equipos móviles y equipos de plantas, para aumentar la productividad y eficiencia de la cantera.

Es esencial que el personal operativo reciba capacitación continua en el uso del software RecMin. Esta formación debe incluir no solo el manejo básico del software, sino también actualizaciones periódicas sobre nuevas funcionalidades y mejoras. Esto garantizará un uso eficiente y maximizará los beneficios derivados de su

implementación.

Utilizar RecMin para desarrollar modelos tridimensionales complejos del área de explotación siguientes. Estos modelos deben incluir todas las características geológicas y estructurales significativas, proporcionando una visualización clara y precisa del yacimiento.

Implementar simulaciones de diferentes escenarios de explotación utilizando los modelos 3D. Estas simulaciones permitirán evaluar los impactos de diversas estrategias y seleccionar la más eficiente y sostenible. Además, las simulaciones pueden prever problemas potenciales y permitir ajustes antes de que ocurran.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, E. (2010). Cátedra de Geotecnia I, Macizos rocosos. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Acosta M (2017). Establecimiento de los parámetros mineros-geomecánicos para el funcionamiento de los equipos de clasificación y trituración de la planta III, Canteras del Distrito Capital S.A. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.
- Bustillo, R., & López, J. (1977). Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Madrid: Instituto Tecnológico Minero de España.
- Alejanos Et al. (S.f). Tema 6: Caracterización geomecánica de los macizos rocosos. Universidad de Vigo.
- ASTM. (2002). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ASTM. (2008). Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens under Constant Normal Force. Washington, D.C.
- ASTM. (2010). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens. Washington, D.C.
- Blanco, R. (2013). Curso de graduación: Diseño y construcción de obras de minería. Catedra: Propiedades de las rocas y del macizo rocoso. Cuenca ecuador : Universidad de Cuenca.
- Bongiorno, F. &. (2012). Clasificaciones geomecánica de los macizos rocosos según: Bieniawski. Barton. Hoek y Brown. Romana. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley & Sons, New York.
- Bustillos, M. & López, C. (1997) Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras, Instituto Tecnológico Minero de España. Madrid.

Canteras del Distrito Capital. (2021-2022). Plan de Aprovechamiento de Minerales. Antímano, Caracas.

Castillejo, M. (1993). Análisis Comparativo de los métodos de estabilidad de taludes y su control. Parte 2. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.

Cartaya, M (2001). Caracterización geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas de la región oriental de país. (Resumen de Tesis Doctoral), Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa 'Dr Antonio Nuñez Jiménez' Holguín, Cuba

Estee, I. (2022). Optimización Del Proceso Para El Incremento De La Producción De Agregados En La Planta De Trituración II De Cantera Del Distrito Capital S.A, Caracas, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.

Estee I (2021), “Propuesta de un plan a corto plazo para la explotación de minerales no metálicos de los niveles comprendido entre la cota 1178 – 1272 msnm en la Mina 2 de Cantera del Distrito Capital, C.A”. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela.

Gonzalez de vallejo, L. I. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid, España: Pearson Educativa.

Hernández J (2018) “Evaluación de la factibilidad técnica en la aplicación del Software RecMin como herramienta de planificación a largo plazo en una zona del distrito minero El Callao”. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.

Herrera J. & Castillas J (2013). Perforación Y Voladura De Rocas en Minería. Universidad Politécnica De Madrid, Madrid - España.

Hoek, E. (2007). Practical Rock Engineering. Disponible en: <https://www.rocscience.com/assets/resources/learning/hoek/Practical-Rock-Engineering-Full-Text.pdf>

Konya, k. (1990). Diseño de plantillas de barrenación en voladuras.

Ledezma A. Z & Castillo L. (2017). Propuesta de plan de explotación a largo plazo de

la mina II Canteras Del Distrito Capital S.A. Caracas, Universidad Central de Venezuela

Marchan D & Araque. (2015). Modelo geológico y geomecánico de perforaciones ubicadas entre La Urbina y la Urb. Miranda, para la excavación de los túneles del Metro de Caracas-Guarenas, Edo. Miranda. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.

Maza M (2017), Análisis cinemático de dos taludes de macizo rocoso en la ciudad de, Loja para conocer su grado de estabilidad. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja – Ecuador.

Melo, Y. (2016). Propuesta metodológica para la planificación de soporte de mina, en canteras del distrito capital. Caracas: UCV.

Navas L (2021). Estudio geomecánico de afloramientos rocosos de la formación apagua, en el tramo “Pungui – Gallo Rumi”, Vía Guaranda – Chimborazo (e492), Provincia De Bolivar – Ecuador. Universidad de Guayaquil, Ecuador

Norma Venezolana COVENIN 1465:79. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de la piedra natural para la construcción.

Norma Venezolana COVENIN 255:1998 Agregados. Determinación de la composición granulométrica. (1era revisión).

Ortiz, P. (2001). Curso de evaluación y planificación minera. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Ostos, E. N. (1987). Revisión y redefinición de unidades litoestratigráficas y síntesis de un modelo tectónico para la evolución de la parte Norte - Central de 100 Venezuela durante el Jurásico Medio - Paleógeno. Caracas: Acta Científica Venezolana.

Perri, G. (1998). Características de resistencia de los macizos rocosos y uso del GSI para evaluar las cargas sobre el soporte de túneles poco profundos excavados en rocas. Caracas: Universidad Central de Venezuela.

- Pimentel, R. (2016). Desarrollo de una propuesta de adecuación de las plantas de agregados de la cantera Carayaca, Distrito Capital, para disminuir la producción de finos. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.
- Puerta, D. (2019). Diagnóstico del estado mecánico de los equipos de la planta de beneficio mineral de Cantera La Ceiba, Estado Miranda. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.
- Robb, L. (2005). Introduction to Ore-Forming Processes. Blackwell Publishing.
- Roberto, H y. O. (2003). Metodología de la investigación. México: Infagon Web, S.A.
- Seijas, D. (2017). Integración de criterios de cierre de mina a la planificación a largo plazo: "Canteras del Distrito Capital", Mamera, Municipio Libertador. Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.
- Tarback, E. & Lutgens, F. (2005). Ciencia de la tierra. Una introducción a la geología física. 8va Edición, Pearson Prentice Hall. Madrid.
- Thuro et al. (2001). Scale effects in rock strength properties. Part 1: Unconfined compressive test and Brazilian test. Helsinki University of Technology Finnish National Group of ISMR. Finlandia.
- Vladimir, E. &. (2013). Evaluación geomecánica del macizo rocoso en la cantera de materiales de construcción "las Victorias". Cuenca, Ecuador.: Universidad de Cuenca.
- Wyllie, D.C. y Mah, C.W. (2004). Rock Slope Engineering: Civil and Mining. Spon Press, Londres.
- Urbani, F., & Ostos, M. (1989). El Complejo Ávila, Cordillera de La Costa, Venezuela. Geos, UCV, Caracas.
- Zerpa, Z. (2018), "Propuesta de plan de explotación para el nivel 18 de Mina II en Canteras Del Distrito Capital S.A., Hacienda Mamera, Parroquia Antímano, Municipio Libertador, Distrito Capital, Venezuela.