

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO DE CHARNOCKITA, EN LA ETAPA DE INGENIERÍA CONCEPTUAL, CERRO LA DANTA-SECTOR CAMBALACHE ESTADO BOLÍVAR.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Nieves M. Orianna M.
Para optar al Título
De Ingeniera de Minas

Caracas, diciembre 2013

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO DE CHARNOCKITA, EN LA ETAPA DE INGENIERÍA CONCEPTUAL, CERRO LA DANTA-SECTOR CAMBALACHE ESTADO BOLÍVAR.

Tutora Académica: Prof. (a). Aurora Piña

Tutor Industrial: Ing. Pedro Castillo

Co-Tutor Industrial: Ing. Jonathan Neves

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Nieves M. Orianna M.
Para optar al Título
De Ingeniera de Minas

Caracas, diciembre 2013

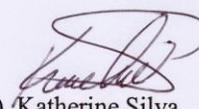
Caracas, Octubre de 2013

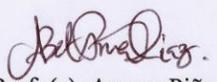
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Orianna María Nieves Matinella, titulado:

**“ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA EXPLOTACIÓN
A CIELO ABIERTO DE CHARNOCKITA, EN LA ETAPA DE
INGENIERÍA CONCEPTUAL, CERRO LA DANTA-SECTOR
CAMBALACHE ESTADO BOLÍVAR.”**

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


Prof. Omar Márquez
Jurado


Prof. (a). Katherine Silva
Jurado


Prof. (a). Aurora Piña
Tutora Académica

Dedicatoria:

A Orietta, por ser la mejor madre que un ser pueda desear.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela, no solo por formarme como profesional sino por contribuir en el mayor desarrollo que no es posible conseguir en los libros.

Al Departamento de Minas de la Universidad Central de Venezuela, por todo el apoyo prestado.

A la profesora Aurora Piña, por toda su paciencia y valioso tiempo, conocimientos que me sirvieron de gran ayuda, gracias por todo el apoyo.

Al personal de Instituto Nacional de Geología y Minería y Grupo Rocaura, por contribuir con la información requerida además de material bibliográfico.

Al profesor José Luis Contreras, por toda la ayuda prestada en el área de la perforación y voladura, gracias por su valiosísimo aporte.

Al Ing. Berardo Gómez, por el asesoramiento para la realización de la fosa final.

A todos mis familiares, amigos y amigas, que de una forma u otra han contribuido en este aprendizaje, gracias por su ayuda en todo momento.

A todos mis profesores y profesoras, ya que sin ustedes este camino no estaría completo gracias por todas esas palabras de aliento y por hacer de la minería la profesión que me apasiona.

Nieves M., Orianna M.

**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA
EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO DE CHARNOCKITA, EN
LA ETAPA DE INGENIERÍA CONCEPTUAL, CERRO LA
DANTA-SECTOR CAMBALACHE ESTADO BOLÍVAR.**

**Tutora académica: Prof. (a). Aurora Piña. Tutores industriales: Ing. Pedro
Castillo, Ing. Jonathan Neves. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.**

Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Año: 2013, pag. 129.

Palabras claves: equipos mineros, minería a cielo abierto, roca charnockita.

Resumen. Grupo Rocaura en conjunto con el Instituto Nacional de Geología y Minería, requirió la elaboración de un proyecto bajo la modalidad de ingeniería conceptual para el cerro La Danta, el cual cuenta con una extensión aproximada de 15,10 hectáreas y está constituido por rocas charnockitas, pegatíticas y granulíticas, siendo la primera la que se considera con posible interés económico para el estado, en cuanto a la producción de agregados de concreto o balastos ferroviarios. Por lo tanto, se realizó la propuesta en cuanto a la selección los equipos de producción y beneficio mineral, sobre todo aquellos indispensables para el procesamiento mineral en cuanto agregados de concreto o balastos ferroviarios . Determinando que se requieren dos (2) cargadores frontales con una capacidad nominal de cucharón de 1,50 m³, tres (3) camiones articulados con una capacidad de carga de 26,60 t, así mismo un (1) tractor de cadenas y una (1) motoniveladora ambos con un ancho de hoja de 2,92 m y 3,66 m en cuanto a la planta de beneficio mineral se establece un sistema con un alimentador vibratorio, trituradora de mandíbula, triturador de cono y por último una criba vibrante para la clasificación del producto, todo esto conectado a través de seis (6) cintas transportadoras. Se recomienda realizar los sondeos correspondientes para determinar las reservas reales del yacimiento y asimismo un estudio de factibilidad para conocer si es viable este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice de tablas	x
Índice de gráficos	xii
Índice de figuras	xiii
Introducción	1
CAPÍTULO I GENERALIDADES	2
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Alcances	3
1.3 Justificación	4
1.4 Antecedentes	4
1.5 Objetivos de la investigación	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos	7
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS FÍSICO NATURALES DEL CERRO LA DANTA SECTOR CAMBALACHE	8
2.1 Ubicación geográfica	9
2.2 Vías de acceso	9
2.3 Reservas probables	10
2.4 Suelos	10
2.5 Clima	10
2.5.1 Temperatura media	11
2.5.2 Precipitación	11
2.5.3 Velocidad media	13
2.5.4 Nubosidad media	13
2.6 Fauna	14
2.7 Flora	15
2.8 Geología regional	16
2.9 Geología local	18

CAPÍTULO III EXTRACCIÓN DEL MINERAL MEDIANTE MINERÍA A CIELO ABIERTO	20
3.1 Charnockita	21
3.2 Charnockita ubicada en el cerro La Danta	22
3.3 Fases de desarrollo de un proyecto minero	25
3.3.1 Fases de planificación	26
3.4 Método de estimación de costos	27
3.5 Métodos a cielo abierto	29
3.5.1 Canteras	29
3.6 Diseño de accesos y parámetros geométricos de una mina a cielo abierto	30
3.6.1 Ángulos de talud en explotaciones a cielo abierto	35
3.6.2 Pistas, bermas, zanjas y cunetas	37
3.7 Operaciones básicas y clasificación de equipos	39
3.7.1 Maquinas de arranque y carga	42
3.7.2 Maquinaria de transporte	43
3.7.3 Maquinaria auxiliar	45
3.8 Explosivos de aplicación minera	46
CAPÍTULO IV PROCESAMIENTO MINERAL PARA EL TRATAMIENTO DE LA CHARNOCKITA	50
4.1 Análisis de los procesos de trituración	51
4.1.1 Planta de tratamiento	51
4.1.2 Comparación de la trituradora giratoria de cono con la trituradora de mandíbulas	56
4.1.3 Cribas	57
CAPÍTULO V MARCO METODOLÓGICO	65
5.1 Diseño de la investigación	66
5.2 Población y muestra	66
5.3 Técnicas e instrumentos	66
5.3.1 Técnicas	66
5.3.2 Instrumentos	67
5.4 Análisis de los datos	68

5.4.1 Selección de equipos	68
5.4.2 Método de explotación	71
5.4.3 Procesamiento mineral para el tratamiento de la Charnockita	72
5.5 Consideraciones legales	72
5.5.1 Leyes, reglamentos y decretos actuales	73
CAPÍTULO VI EXPOSICIÓN DE RESULTADOS	76
6.1 Producción estimada	77
6.2 Cálculo y selección de maquinaria de carga y acarreo	77
6.2.1 Selección de equipos auxiliares	78
6.3 Geometría de la explotación	79
6.3.1 Diseño de la rampa	80
6.3.2 Propuesta de la fosa final	81
6.4 Diseño de patrón de perforación y voladura	83
6.5 Beneficio mineral	84
6.5.1 Especificaciones de los equipos	88
6.6 Infraestructura	90
6.7 Organización y personal	91
6.7.1 Personal requerido	95
6.8 Consideraciones ambientales	97
6.9 Orden de magnitud de costos	102
CAPÍTULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS	103
7.1 Producción estimada	104
7.2 Cálculo y selección de maquinaria de carga y acarreo	104
7.2.1 Selección de equipos auxiliares	105
7.3 Geometría de la explotación	106
7.4 Diseño de patrón de perforación y voladura	107

7.5 Beneficio mineral	108
7.6 Infraestructura	108
7.7 Organización y personal	109
7.8 Consideraciones ambientales	110
7.9 Orden de magnitud de costos	110
7.10 Reflexiones finales	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	117
ANEXOS	119
Anexo N° 1. Pirámide de Kelser	120
Anexo N° 2. Especificaciones técnicas de los equipos de beneficio mineral	121
Anexo N° 3. Diferentes tipos de estudios	123
Anexo N° 4. Costo de los equipos de operaciones, beneficio mineral y perforación y voladura	127
GLOSARIO	128

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Composición mineralógica de la muestra LD-CTC-02	24
Tabla N° 2. Ensayo de resistencia a la compresión de rocas	25
Tabla N° 3. Tipos de estudios y objetivos	27
Tabla N° 4. Producción horaria	68
Tabla N° 5. Datos operacionales	77
Tabla N° 6. Datos y resultados para determinación de la maquinaria de carga	78
Tabla N° 7. Datos y resultados para determinación de la maquinaria de acarreo	78
Tabla N° 8. Datos para la determinación del tractor de cadena	79
Tabla N° 9. Datos para la determinación de la motoniveladora	79
Tabla N° 10. Geometría de la explotación, condicionado a la geología y a los equipos seleccionados	80
Tabla N° 11. Diseño de patrón de perforación y voladura propuesto para el cerro La Danta	84
Tabla N° 12. Especificaciones técnicas del alimentador vibratorio	88
Tabla N° 13. Especificaciones técnicas de la trituradora de mandíbulas	88
Tabla N° 14. Especificaciones técnicas de la trituradora de cono hidráulico	89
Tabla N° 15. Especificaciones técnicas de la criba vibrante	90
Tabla N° 16. Infraestructura propuesta para el cerro La Danta	91
Tabla N° 17. Perfil del personal requerido para el cerro La Danta	92
Tabla N° 18. Efectos potenciales sobre los aspectos físicos-naturales	97
Tabla N° 19. Efectos potenciales sobre los aspectos socio-económicos	98
Tabla N° 20. Aplicación de riego programado en vías y planta	99
Tabla N° 21. Manejo adecuado de materiales y desechos peligrosos generados en operaciones	100
Tabla N° 22. Manejo de desechos domésticos y chatarra	100

Tabla N° 23. Control de drenaje en el área de mina	101
Tabla N° 24. Plan de reforestación	101
Tabla N° 25. Orden de magnitud de costos	102
Tabla N° 25. Salas sanitarias	109
Tabla N° 26. Costo de los equipos de operaciones, beneficio mineral y perforación y voladura	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1. Temperatura media que registró la estación Musinacio	11
Gráfico N° 2. Precipitación que registró la estación Musinacio	12
Gráfico N° 3. Precipitación que registró la estación Mapire	13
Gráfico N° 4. Velocidad media que registró la estación Musinacio	13
Gráfico N° 5. Nubosidad media que registró la estación Musinacio	14

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Ubicación de la zona de estudio	9
Figura N° 2. Provincias geológicas del escudo de Guayana	16
Figura N° 3. Microfotografía de la muestra LD - CTC - 02 empleando nicos paralelos	23
Figura N° 4. Microfotografía de la muestra LD - CTC - 02 empleando nicos cruzados	23
Figura N° 5. Explotación de cantera de roca ornamental	30
Figura N° 6. Accesos a bancos en una explotación tipo cantera	32
Figura N° 7. Diseño de un banco en mina a cielo abierto	33
Figura N° 8. Radios de curvatura en pendiente y su componente plana	34
Figura N° 9. Vista de perfil para el diseño de una mina a cielo abierto	35
Figura N° 10. Ángulos de talud en explotaciones a cielo abierto	36
Figura N° 11. Pistas, bermas, zanjas y cunetas	38
Figura N° 12. Pista para cruce de camiones o doble vía	39
Figura N° 13. Bermas de seguridad o de contención	39
Figura N° 14. Ciclo separado	41
Figura N° 15. Ciclo mixto	41
Figura N° 16. Ciclo combinado	42
Figura N° 17. Retroexcavadora	42
Figura N° 18. Pala frontal	43
Figura N° 19. Camión roquero	43
Figura N° 20. Camión articulado	44
Figura N° 21. Camión de obra civil	44
Figura N° 22. Cinta transportadora	45
Figura N° 23. Motoniveladora	45
Figura N° 24. Tractor de ruedas	46
Figura N° 25. Camión de riego o cisterna	46

Figura N° 26. Trituradora de mandibulas	53
Figura N° 27. Esquema de alimentación y evacuación de una trituradora de cono	55
Figura N° 28. Precribador de barras móviles	60
Figura N° 29. Precribador de rodillos elípticos	61
Figura N° 30. Precribadores de discos sin tolva de alimentación colocada	61
Figura N° 31. Precribador vibrante en cascada	62
Figura N° 32. Gráfico de criba Morgensen	63
Figura N° 33. Criba vibrante de excentricidad	63
Figura N° 34. Criba vibrante horizontal de dos bandejas	64
Figura N° 35. Gráfica de una criba de resonancia	64
Figura N° 36. Ejemplo ilustrativo de la geometría para la explotación propuesta del cerro la Danta	80
Figura N° 37. Ejemplo ilustrativo del diseño de la rampa propuesta para el cerro la Danta	81
Figura N° 38. Diseño propuesto para la fosa número dos (2), sin información geológica	82
Figura N° 39. Vista de perfil del diseño propuesto para la fosa número dos (2), sin información geológica	82
Figura N° 40. Diseño propuesto de la fosa final, sin información geológica	83
Figura N° 41. Diagrama propuesto para el proceso de fabricación de agregados para el cerro la Danta	86
Figura N° 42. Diagrama propuesto para el proceso de fabricación de agregados para el cerro la Danta	87
Figura N° 43. Alimentador vibratorio	88
Figura N° 44. Trituradora de mandíbula	89
Figura N° 45. Trituradora de cono hidráulico	89
Figura N° 46. Criba vibrante	90
Figura N° 47. Organigrama propuesto para el cerro La Danta	96
Figura N° 48. Piramide de Kelsner	120
Figura N° 49. Diferentes tipos de estudios	124

INTRODUCCIÓN

Actualmente, Venezuela demanda propuestas lógicas y viables para la extracción de nuestros recursos, con el fin de satisfacer las demanda en cuanto a agregados de concreto o balastos ferroviarios, por lo tanto el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN) conjunto al grupo Rocaura unen sus esfuerzos con la finalidad de localizar nuevos recursos.

En el complejo Imataca al sur del río Orinoco específicamente en el municipio Caroní estado Bolívar, se encuentra una estructura dómica de roca charnockita, intercalada con rocas pegmatíticas y granulíticas. Por lo tanto, esta investigación se centrará en el cerro La Danta sector Cambalache con un área de estudio de aproximadamente 15,10 hectáreas y consistirá en un estudio bajo la modalidad de ingeniería conceptual para la explotación a cielo abierto de la roca charnockita, ya que no se cuenta con perforaciones, así mismo solo se asumirán reservas probables suministradas por profesionales que han estudiado la zona.

Esta investigación se compone de la siguiente manera: Capítulo I en el cual se encuentra el planteamiento del problema, alcances, justificación, antecedentes y los objetivos: general y específicos. Capítulo II sobre las características físico-natural de cerro La Danta, en este se revisará la descripción geológica local y regional de la zona, así como lo relacionado con el clima, vegetación, precipitación y se hablará de las reservas ubicadas en el cerro La Danta. Capítulo III, describirá los métodos existentes para las explotaciones a cielo abierto, además de la descripción de los equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares, encargados de la explotación además, se hace referencia de los tipos de explosivos existentes. Capítulo IV se expondrá el procesamiento de la roca charnockita a través de los equipos de trituración y cribas. Capítulo V marco metodológico, se presentará la metodología utilizada para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo, además del marco legal. Capítulo VI esta compuesto por los Resultados de la investigación; y por último el capítulo VII por el Análisis de Resultados.

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país existen varias canteras reconocidas en todo el territorio nacional que actualmente están explotando con la finalidad de mantener la demanda del sector construcción, sin embargo esta no está siendo satisfecha, por lo tanto es necesario la elaboración de un proyecto bajo la modalidad de ingeniería conceptual en el estado Bolívar, enmarcado en la búsqueda de nuevas reservas en el cerro la Danta.

La zona de estudio cuenta con 15,10 hectáreas aproximadamente, constituido por rocas charnockitas, pegatíticas y granulíticas, siendo la primera la que se considera con posible interés económico para el estado, en cuanto a la producción de agregados de concreto o balastos ferroviarios.

Así mismos, es importante destacar que se tratará de un proyecto de ingeniería conceptual y con ello se elaborará una propuesta del método de explotación más adecuado de acuerdo a la topografía de la zona de estudio, ya que la principal limitante de dicha investigación es que solo se cuenta con reservas probables previamente determinadas por INGEOMIN y Grupo Rocaura.

Por otra parte, se hará la propuesta para la selección eficaz de los equipos necesarios para la extracción del mineral, el método de beneficio para la charnockitas, orden de magnitud de costos, para así determinar si es aconsejable la inversión para un estudio de factibilidad.

1.2 ALCANCES

Se efectuará la propuesta en donde se determinará el mejor método de explotación aplicable considerándo las características topográficas que presenta el cerro La Danta, sector Cambalache, los criterios analizados seran a nivel de ingeniería conceptual.

Así mismo, recomendar los equipos de producción como también aquellos necesarios para el procesamiento mineral, en cuanto agregados de concreto o balastos ferroviarios, orden de magnitud de costos, para así realizar las recomendaciones correspondientes para un estudio de factibilidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Al presente, existen diversas canteras encargadas de la producción de piedra picada sin embargo, la creciente demanda de agregados de concreto o balastos ferroviarios no esta siendo atendida lo que repercute de manera negativa en el crecimiento del sector construcción, por lo tanto es necesario satisfacer los requerimientos con la finalidad de ir creciendo como potencia.

Además, con la implementación de una mina a cielo abierto para la explotación de roca charnockita, se crearían diversas fuentes de empleos directos e indirectos lo que impactaría de manera positiva los alrededores de la zona.

1.4 ANTECEDENTES

❖ Loran, O. (2012). **Caracterizar geológicamente y geotécnicamente los depósitos de arenas y macizos rocosos presentes en el parcelamiento Rocaura, Sector Cambalache, estado Bolívar, con el fin de evaluar su utilidad como agregados de concreto y balastos ferroviarios.** Universidad de Oriente. Venezuela.

En el estudio se elaboró el mapa geológico y de los distintos modelos de elevación digital en 3D con la herramienta del sistema de información geográfico (ArcGIS), lo que permitió una interpretación muy aproximada a las distintas variaciones espaciales del relieve en toda la zona. La pendiente del terreno de forma general desciende de oeste a este, sin embargo hacia esta última dirección se encuentran algunos escarpes pronunciados con pendientes muy inclinadas.

Los análisis petrográficos realizados a distintas muestras de roca determinan tres tipos de litologías ígneas y metamórficas con altos porcentajes de cuarzo y feldespatos como lo son las charnockitas y granulitas intrusionadas por varios diques plutónicos pegmatíticos, el volumen del yacimiento obtenido cercano a los 5.100.000m³.

También se realizaron estudios morfológicos de los agregados a través de un análisis morfoscópico de los sedimentos arenosos extraído en campo, así como de los agregados pétreos obtenido por trituración. Los resultados arrojaron arenas con un

porcentaje cercano a 50% de partículas redondas y agregados gruesos con un porcentaje de 80 % de partículas angulosas, el 20% restante está conformado por partículas lajosas y largas no aptas para mezclas de concreto. Solo un ensayo arrojó resultados no deseables en cuanto al análisis de partículas finas en las arenas, sin embargo su empleo puede ser viable al someterlas al lavado previo para eliminar el contenido excesivo de finos.

❖ Instituto Nacional de Geología y Minería. (2011). **Informe Levantamiento sísmico de Cambalache – Rocaura.** Puerto Ordaz - estado Bolívar.

El estudio geofísico determinó dos capas, cuya profundidad de la segunda oscila entre cero (0) y cinco (5) metros de profundidad y un espesor que en promedio se pudo establecer en 30 metros. Las velocidades de propagación mostraron un promedio de velocidad del sonido de 500 metros sobre segundos para la primera capa y de 2.000 metros sobre segundos para la segunda capa. Con estos resultados se estimó un cuerpo de charnockita de aproximadamente 4.989.600 m³.

❖ Instituto Nacional de Geología y Minería. (2008). **Caracterización petrográfico de las rocas del complejo de Imataca aflorantes en la hoja Marhuanta N° 7540 a escala 1:100.000, estados Bolívar y Anzoátegui.** Venezuela.

La investigación determinó microscópicamente, rocas félsicas (granitos, gneises, migmatitas y blastomilonitas) efectos cataclásticos, lo que hace suponer que han sido sometidas a procesos de presión y esfuerzos como ocurre en el metamórfico dinámico.

Por otra parte, se observó que las rocas charnockitas y las granulitas muestran minerales sódicos y potásicos y alto porcentaje de cuarzo por tal razón se infiere que pudieron ser derivadas de granitos potásicos y sódicos.

Con respecto a la clasificación de la litología del complejo de Imataca aflorante en la hoja Marhuanta, se encuentran cuatro unidades estratigráficas, las cuales son el basamento ígneo-metamórfico del complejo de Imataca representando el 45%, el

intrusivo joven de Granito de La Encrucijada 5%, sedimentos de la Formación Mesa 35% y sedimentos recientes aluvionales 15%.

❖ C.V.G. Ferrominera del Orinoco C.A. (2006). **Plan de explotación de la Cantera Concregua. Municipio Caroní, estado Bolívar.** Venezuela.

La cantera Concregua se ubica al este de la cantera Cetaca, ocupando la parte nororiental del cerro La Danta, esta posee presencia de un cuerpo masivo de gneis granítico félsico tipo charnockita de grano grueso y color verde oscuro, que conforma una fila septentrional con rumbo este-oeste además, esta roca se encuentra profundamente diaclasada y presenta espesores variables de meteorización.

Por otra, parte en el frente de explotación se observan espesores de suelos residuales promedio de un metro y medio (1,50 m) compuestos por capa vegetal, arenas, arcillas, fragmentos de cuarzo e inclusive de la misma roca charnockita, además posee una reserva geológica de manto meteorizado de 117.173 m³ y roca charnockita de 1.162.296 m³ con una densidad de 2,80 ton/m³.

❖ Arnaudez, O. (1977). **Cálculo del rendimiento del equipo de producción, Estudio de la planta de tratamiento y análisis económico de la cantera "Con Piedra".** Universidad Central de Venezuela.

Consistió en el estudio de los rendimientos de los equipos de carga y acarreo, determinando el empleo de dos (2) palas mecánicas marca *Northwest* de 1,90 m³ de capacidad nominal del balde y cuatro (4) camiones *Euclid* de 35 toneladas cortas, modelo 75TD. Así como también el cálculo de los costos de producción con la finalidad de conocer el grado de rentabilidad del proyecto.

❖ Diaz, M. (1977). **Diseño de explotación de la Cantera "Con Piedra " cerro La Danta, Distrito Caroní, Puerto Ordaz edo. Bolívar.** Universidad Central de Venezuela.

Concluyó a partir de los valores de R.Q.D obtenidos (50-75%), que la roca presente en la cantera es del tipo medianamente buena, con resistencia media y diaclasas próximas

a moderadas, también estableció el diseño con cinco (5) bancos de diez (10) metros de altura, todos con un talud de 3:1 y una pendiente general de 80°.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta para la explotación a cielo abierto de charnockita, en la etapa de ingeniería conceptual, cerro La Danta-sector Cambalache estado Bolívar.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ❖ Describir las características físico-naturales, de la zona donde se encuentra el cerro La Danta, sector Cambalache.
- ❖ Plantear el proceso de extracción del mineral mediante minería a cielo abierto para el cerro La Danta, sector Cambalache.
- ❖ Definir el método de procesamiento mineral para el tratamiento de la charnockita destinada a la industria de piedra picada y balastos para el cerro La Danta, sector Cambalache.
- ❖ Desarrollar la propuesta de minería a cielo abierto para el cerro La Danta, sector Cambalache.

CAPÍTULO II
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURALES
DE CERRO LA DANTA, SECTOR CAMBALACHE.

En este capítulo se describirán las características físico–naturales del cerro La Danta, sector Cambalache, a partir de la ubicación geográfica, flora, fauna y geología regional.

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

A continuación se indicará la posición relativa donde se encuentra ubicado el cerro La Danta, sector Cambalache, ciudad Guayana, municipio Caroní estado Bolívar, perteneciente a CVG Ferrominera del Orinoco, como se observa en la figura N° 1.

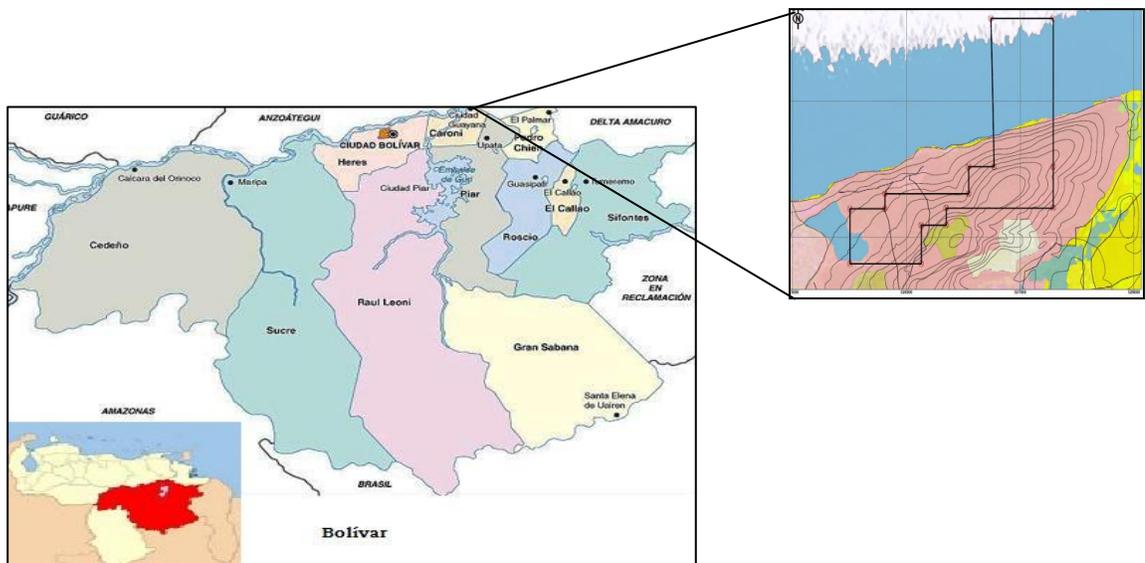


Figura N° 1. Ubicación de la zona de estudio, tomada de: <http://www.karisma.org.co> y poligonal del Grupo Rocaura.

2.2 VÍAS DE ACCESO

Para llegar al cerro la Danta, se debe tomar la autopista Angosturita, desde la zona industrial de Ferrominera y en dirección a Matanzas a la salida del distribuidor de Cambalache y en ruta hacia el relleno sanitario del mismo nombre, después la carretera asfaltada que se encuentra de la vía férrea y que conduce a la cantera Cetaca, en la parte norte del cerro la Danta se encuentra la poligonal del Grupo Rocaura.

2.3 RESERVAS PROBABLES

Se cuenta con dos valores aproximados para las reservas probables, estos fueron calculados mediante estudios previos realizados en la zona.

El Departamento de Geofísica de INGEOMIN, indica que existe un cuerpo de charnockita con un volumen aproximado de 4.989.600 m³. Por otra parte, existe un segundo estudio donde se estimaron las reservas del yacimiento de charnockitas y granulitas totales delimitado por la intersección de la poligonal del Grupo Rocaura, utilizando el sistema de información geográfico (ArcMap) y luego procesándola en un *software* de cartografía (Surfer 10) para obtener un volumen aproximado del yacimiento presente en la zona, con un valor de 5.149.969 m³ (Loran, 2012).

2.4 SUELOS

Los suelos que se han desarrollado en el Complejo de Imataca son producto de la desintegración, meteorización y erosión de rocas graníticas que constituyen el basamento ígneo metamórfico, por lo tanto son suelos muy evolucionados, asociados a afloramientos rocosos.

La cobertura del suelo es mayormente arenoso en superficie y arcilloso en profundidad, de colores amarillentos, rojizos, grises y blancos. El suelo de color rojizo se ha generado por la descomposición de rocas anfibólicas ferromagnesianas y gneises biotíticos. (C.V.G Técnica Minera, op. cit.).

2.5 CLIMA

El área de estudio posee un clima tropical con elevada humedad y altas temperaturas asociada a las cercanías del río Orinoco, con dos estaciones, una lluviosa de abril a noviembre, siendo los meses más lluviosos con 122 mm junio, julio y agosto y una seca de diciembre a marzo, en los meses de febrero y marzo los más secos del año con 7,50 mm. Las precipitaciones de regulares a abundantes dan lugar a la creación de zonas de inundación en las áreas adyacentes como caños y ríos, creando algunas veces lagunas o pequeños depósitos de agua dulce, que también son favorecidos por la

morfología del terreno. De manera macroscópica, el ascenso y descenso de las aguas está controlada por el régimen del ciclo de inundación del río Orinoco a lo largo de toda la zona. (C.V.G Técnica Minera, C.A., op. cit).

2.5.1 Temperatura media

Por los registros suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica (INAMEH), recolectados de la estación Musinacio (4712) correspondientes al período 1970-2005, se observa el máximo en cuanto a los grados centígrados en los meses de enero a mayo, y las temperaturas inferiores para el mes de diciembre, gráfico N° 1.

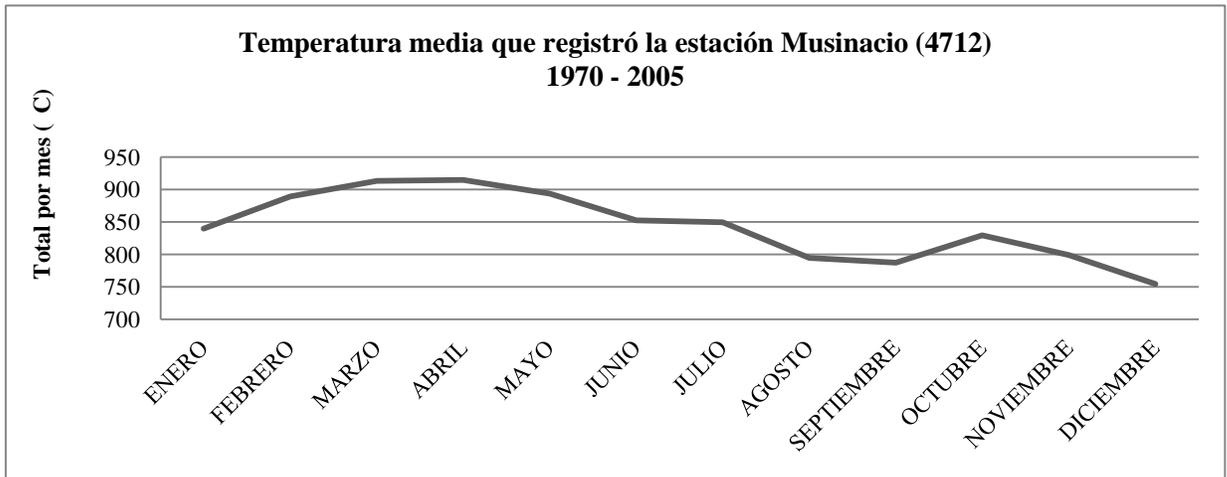


Gráfico N° 1. Temperatura media que registró la estación Musinacio (4712) 1970-2005.

Elaboración propia.

2.5.2 Precipitación

La precipitación afecta directamente en el caso de la planificación y por lo tanto las operaciones mineras, y aunque es una condición que no puede ser delimitada y controlada, se deben considerar los registros históricos para así conocer los meses con mayores pluviosidades.

Al respecto, se tomaron dos estaciones hidrometeorológicas Musinacio (4712) y Mapire (2620), estas se encuentran a un radio de 50 Km de distancia de la zona de

estudio que tiene como nombre cerro La Danta, según Rodríguez (2011) se han reportado significativos períodos de lluvia a lo largo del territorio nacional siendo los más significativos los que tuvieron lugar en los años 1999 y 2005.

Lo antes señalado, justifica ciertos incrementos reportados en las estaciones meteorológicas, para la estación Musinacio que registró los valores desde el año 1970 al 2007, los mayores incrementos en cuanto total de milímetros por años fueron en 1970, 1979 y 1993, con estos registros se determinó que los meses con mayor precipitación son desde junio a julio, gráfico N° 2.

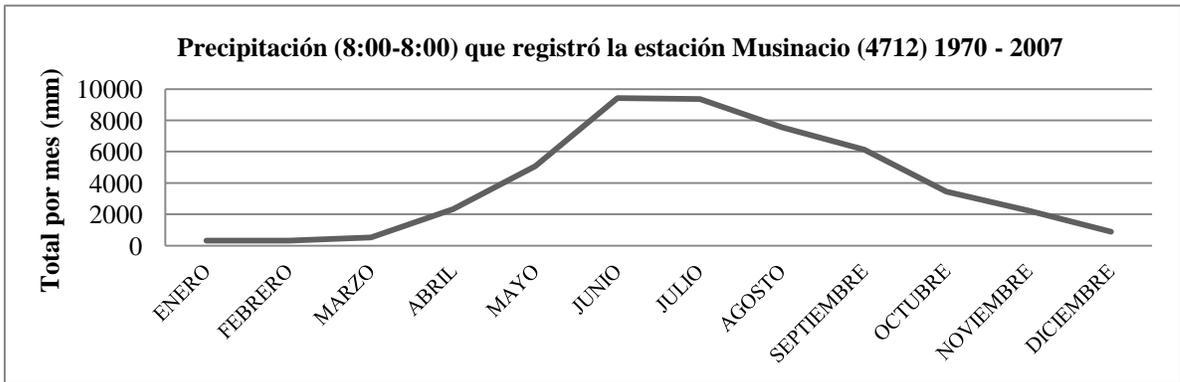


Gráfico N° 2. Precipitación (8:00-8:00) que registró la estación Musinacio (4712) 1970-2007.

Elaboración propia.

Para la estación Mapire que registró los valores desde el año 1969 al 2007 los mayores incrementos en cuanto total de milímetros por años fueron en 1970, 1979, 1981, 1985, 1990, 1993 y 2006, por otra parte, los meses con mayor precipitación son desde junio a julio, gráfico N° 3.

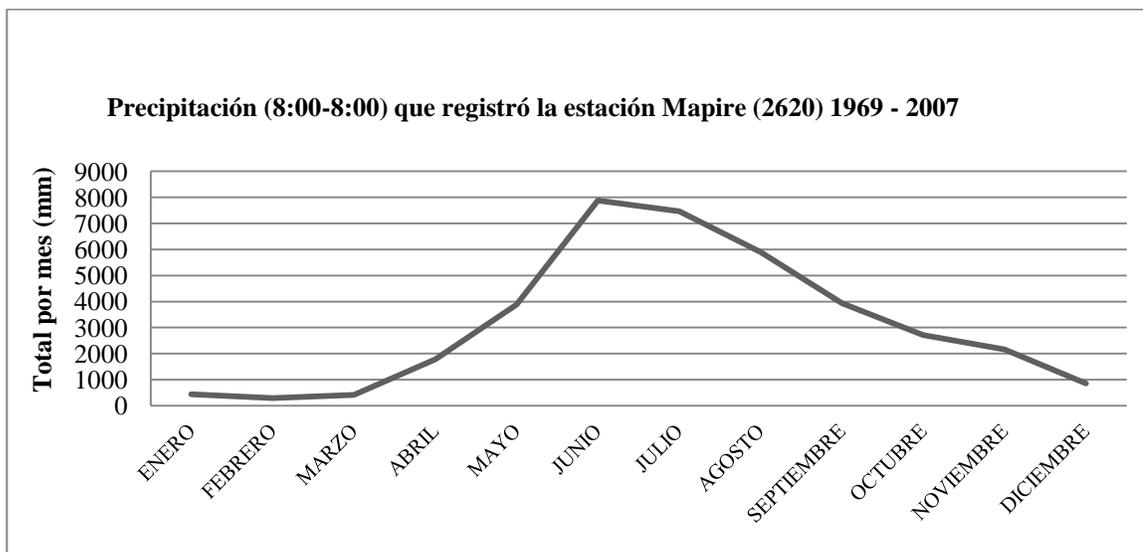


Gráfico N° 3. Precipitación (8:00-8:00) que registró la estación Mapire (2620) 1969-2007. Elaboración propia.

2.5.3 Velocidad media

Con los registros proporcionados por el INAMEH, recolectados de la estación Musinacio (4712) correspondientes al período 1970-1990, se observa un máximo valor de velocidad media (Km/h) para el mes de marzo, gráfico N° 4.

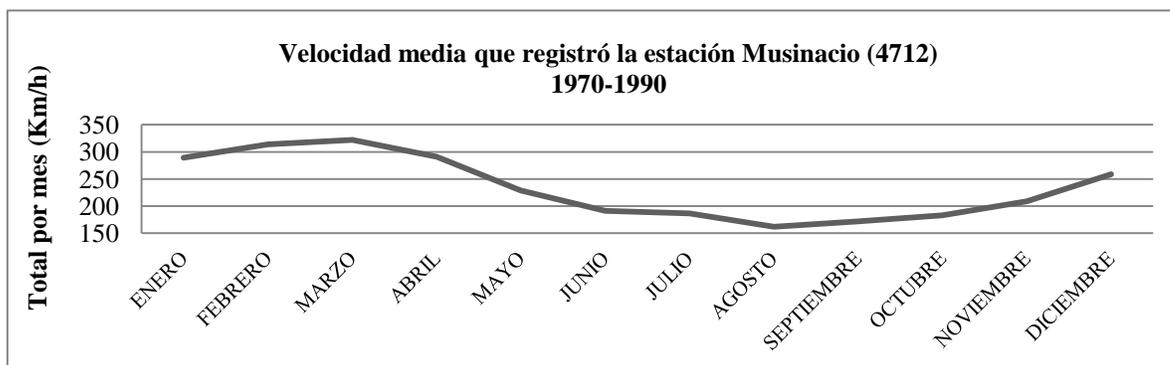


Gráfico N° 4. Velocidad media que registró la estación Musinacio (4712) 1970-1990. Elaboración propia.

2.5.4 Nubosidad media

A partir de los registros proporcionados por el INAMEH, recolectados de la estación Musinacio (4712) correspondientes al período 1971-1990, se observa un incremento

en cuanto a la nubosidad media (octavos) en el mes de junio, lo cual tiene lógica ya que, ese mes también presenta la mayor precipitación registrada, gráfico N° 5.

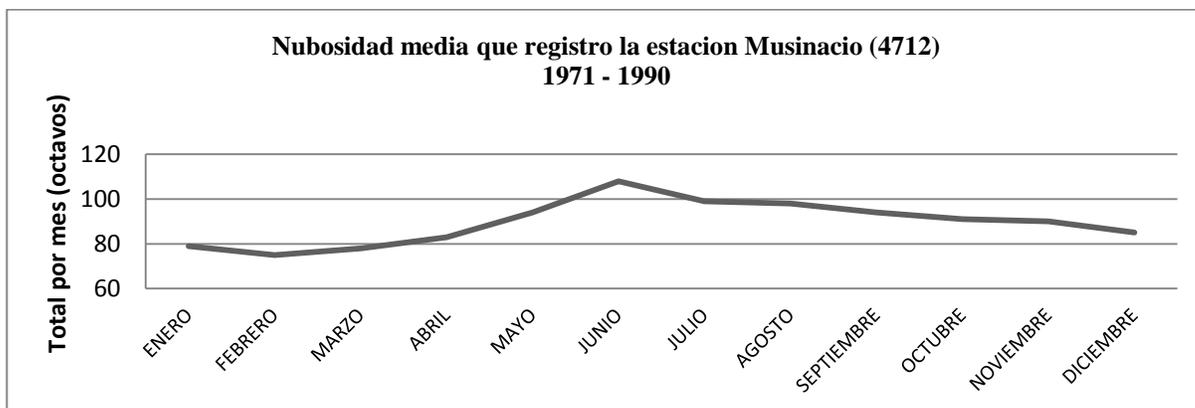


Gráfico N° 5. Nubosidad media que registró la estación Musinacio (4712) 1971-1990. Elaboración propia.

2.6 FAUNA

En el municipio Caroní perteneciente al estado Bolívar, habita una gran diversidad en cuanto a fauna por lo que se han registrado: *Tagassu pecari* (báquiro), *Hydrochoerus hydrochoeris* (chiguire), *Mazama rufa* (venado), *Pitangus sulphuratus* (crisofué), *Crotalus terrificus* (cascabel), *Leptophis ahaetulla* (culebra verdegallo), *Podocnemis unifilis* (terecay), *Leopardus pardalis* (cunaguaro), *Coendou prehensilis* (puercoespín), *Ara* sp. (Guacamaya), *Amazilia saucerrottei* (colibríes), *Semaprochilodus laticeps* (zapoara).

En cuanto a la fauna de mamíferos de las 351 especies conocidas en Venezuela, 145 han sido registradas en el Parque Nacional Canaima, algunas de estas son: *Didelphis marsupialis* (rabipelado común), *Tayassu tajacu* (báquiro de collar), *Panthera onca* (yaguar), *Bradypus tridactylus* (pereza de tres dedos guayanesa), *Diclidurus scutatus* (murciélago blanco), *Lionycteris spurelli* (murciélago nectarívoro), *Rhipidomys leucodactylus* (rata arborícola cola de pincel), *Marmosa tyleriana* (comadreja tepuyana), *Speothos venaticus* (perro de monte), *Nasua nasua* (zorro guache), *Priodontes maximus* (cachicamo gigante o cuspón), *Cavia aperea* (acure), *Cerdocyon*

thous (zorro común), *Herpailurus yagouaroundi* (onza), *Lutreolina crassicaudata* (comadreja coligruesa), *Molossus colossus* (murciélago insectívoro), entre muchos más (Huber y Febres 2000; Linares 1998; Ochoa y cols. 1993).

Algunas especies que se encuentran en peligro de extinción:

Podocnemis expanda (Tortuga de Arrau), *Trichechus manatus manatus* (Manatí), *Crocodylus intermedius* (Caimán del Orinoco), *Tamandua tetradactyla* (Oso hormiguero), *Tapirus terrestres* (danta), *Podoxymis Roraima* (ratón de Roraima).

2.7 FLORA

Las sabanas con morichales son comunidades cenagosas donde prosperan gramíneas tales como *Andropogon* sp., *Eriochrysis* sp., *Panicum* y *Sorghastrum* sp., y la especie arbórea dominante la palma moriche *Mauritia flexuosa* o conocida localmente como kuai (Michelangeli, s/f).

Las sabanas arbustivas son comunidades de gramíneas que se desarrollan en macollas que crecen sobre suelos secos, arenosos, cuarzosos y pedregosos, donde dominan los géneros *Axonopus* sp. y *Trachypogon* sp, también se encuentran otras hierbas típicas como la cortadera *Scleria cyperina* y *Bulbostylis paradoxa* de tallos cilíndricos y macizos. Como elementos del estrato leñoso arbustivo destacan el alcornoque *Bowdichia virgilioides*, el chaparro manteco *Byrsonima crassifolia*, el merey *Anacardium occidentales*, el tortolito *Casearia sylvestris*, el chaporrillo *Palicourea rigida*, el chaparro orejón *Byrsonima verbascifolia* y la yuca trueno *Manihot triste*. En las zonas más húmedas y cenagosas se desarrollan herbazales de hoja ancha donde dominan las plantas de diversas especies del género *Stegolepis* sp (Huber y Febres 2000, Michelangeli s/f).

Los bosques ribereños se desarrollan a lo largo de la ribera de los ríos y están bajo la influencia de las variaciones de inundación y crecidas de sus aguas, por lo que en los meses de mayor pluviosidad estas franjas boscosas se anegan en parte, son bosques conformados por árboles cuyas alturas oscilan entre los 15 y 20 m. Entre algunas de

las especies presentes se encuentran ciertas palmas como la manaca *Euterpe precatoria* y el moriche *Mauritia flexuosa*, de la familia Bombacaceae: el ceibón *Bombax jehmani*, palo de boya *Pachira aquatica*, entre las Caesalpiniaceae: el chigo *Capsiandra comosa*, *Dimorphandra davisii*, *Macrolobium bifolium*, el sangrito *Pterocarpus officinalis*, la Clusiaceae: *Garcinia madruno*, la Myrtaceae: guayabita *Eugenia puniceifolia*; la Rubiaceae: *Remijia densiflora* y la Sapotaceae: *Pouteria canaimensis* (Michelangeli, s/f).

2.8 GEOLOGÍA REGIONAL

A continuación, se reflejan las provincias geológicas del escudo de Guayana, compuestas por: Amazónico, Parguaza, Roraima, Cuchivero-Pocaraima, Carichapo-Pastora, Supamo e Imataca. Esta investigación se centrara en la Provincia de Imataca, como se observa en la figura N° 2.

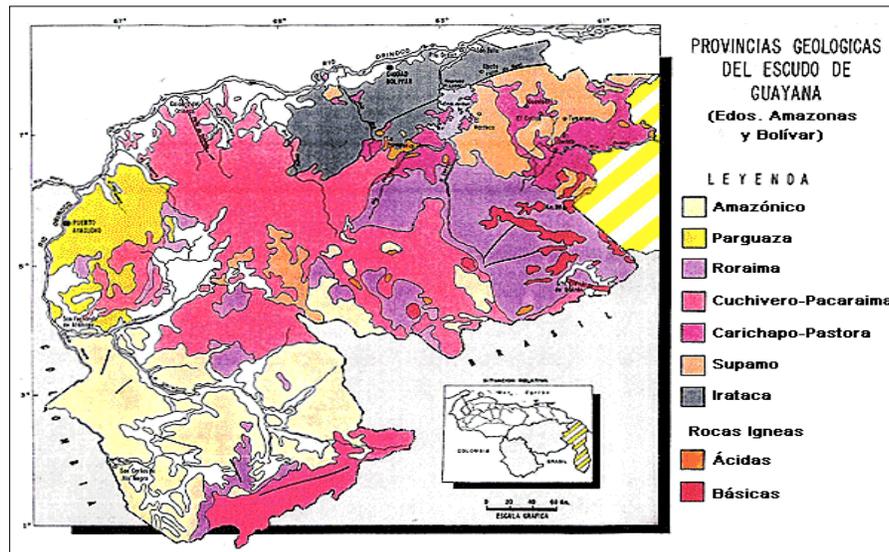


Figura N° 2. Provincias geológicas del escudo de Guayana. Fuente: Mapa metalogénico de Venezuela, 1980.

Provincia de Imataca

El Complejo de Imataca está formado en orden de abundancia decreciente, de una secuencia, de granulitas plagioclásicas - cuarzo - piroxénicas, granulitas microclínicas - cuarzo plagioclásicas - piroxénicas, gneis cuarzo - feldespático - cordierítico - granatífero - biotítico - silimanítico - grafítico y formaciones de hierro, con las siguientes litologías secundarias: cuarcita, caliza impura metamorfizada, roca rodonítica - granatífera, roca cuarzo - granatífero - grafítica y esquisto bronzítico - hornabléndico - biotítico. La secuencia está intrusionada por cuerpos graníticos básicos. El complejo se caracteriza por estructuras anticlinales bien desarrolladas y estructuras sinclinales mal definidas, con rumbo este-noreste. Hacia la porción occidental del complejo, se desarrollan domos equidimensionales, muchos de ellos orientados norte-sur.

Los conjuntos del Complejo de Imataca están intensamente metamorfizados, y pertenecen en general a la subfacies de granulita hornabléndica, de la facies granulítica (Chase, 1965).

a) Extensión geográfica

Ocupa una faja al norte del escudo de rumbo este - noreste, Tepedino (1985a,b) fijó aproximadamente el límite occidental del complejo de Imataca hasta unos 15 Km al este de Maripa y hacia el sur de lo extiende al oeste del río Caura bordeando el río Nichare, las cabaceras del río Cucharó y el salto Pará en el río Caura, estado Bolívar; desde ahí se extiende por unos 400 Km de longitud, con una anchura de unos 200 Km, hasta el Territorio Delta Amacuro al este, donde aparece bajo los sedimentos del Delta.

b) Edad

Bellizzia (1968), reseñó las determinaciones radiométricas de edad efectuadas en rocas del complejo, por diferentes autores. Hurley (1977), señala edades más viejas

que 3.000 m.a. y quizás tan antiguas como 3.400 m.a., en base a datos Rb/S en roca total, obtenidas de muestras del sitio de la represa de Gurí, representadas por rocas granulíticas. Las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial, originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas. En cuanto a edades relativas se refiere, algunos de estos cuerpos como la Migmatita de La Ceiba, muestran edades del orden de 2.700 m.a. En muestras del Granito de La Encrucijada Bellizzia (1968), determinó 2.153 m.a. por Rb/Sr y 2.900 m.a. por Rb/Sr y 2.900 m.a. por Rb/Sr. en una muestra tomada siete (7) Km al oeste del borde de este plutón.

c) Importancia económica

El Complejo de Imataca tiene importancia económica principalmente por su mineralización de hierro, caolín, manganeso y bauxita, así como también para la industria de la construcción como piedra triturada (agregado para concreto, balastro, entre otros) y rocas ornamentales (pisos, fachadas, columnas, entre otros).

2.9 GEOLOGÍA LOCAL

Formación Mesa

En el estado Bolívar, la Formación Mesa ocupa la parte septentrional, aunque se extiende a otros estados Anzoátegui y Monagas. Las capas afloran desde la Serranía del Interior al norte, por toda la Cuenca Oriental de Venezuela y en el río Orinoco al sur, desde una zona tan occidental como la curva de El infierno hasta Delta Amacuro (CVG Técnica Minera C.A., op. cit.).

a) Litología

En los límites norte y sur de la Mesa de Guanipa González de Juana, (1946) evaluó la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas, con cemento ferruginoso muy duro; conglomerados rojos a casi negro, arenas blanco- amarillentas,

rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita.

En la Mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerados, arenas, y algunas arcillas. Al noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas (Léxico Estratigráfico de Venezuela., op. cit.).

En los llanos centro-orientales, la formación, está constituida por arenas no compactadas. Los sedimentos gradan de norte a sur, de más gruesos a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte; desde la parte central de Monagas hacia el macizo de Guayana, gradan de más finos a más gruesos (Léxico Estratigráfico de Venezuela., op. cit.).

b) Edad

Con base en la relación transicional con la Formación Las Piedras (Plioceno), se ha postulado edad Pleistoceno para la Formación Mesa. (Léxico Estratigráfico de Venezuela., op. cit.).

En la región de Mapipe (estado Anzoátegui), Carbón (1992), obtuvieron cuatro fechas termo luminiscentes, dos de las cuales indican datos cronológicos finitos y sugieren que los sedimentos de la Formación Mesa en esa región tienen edades entre 0,5 a 1 m.a; las otras dos muestras, por debajo de las primeras sugieren que su edad puede ser mayor de 2 m.a, aún cuando indican los autores que probablemente el mecanismo de reposición a cero de la termo luminiscencia (TL), para estas dos últimas muestras, no fue efectivo, por lo que las edades obtenidas son mayores que las reales (Léxico Estratigráfico de Venezuela., op. cit.).

CAPÍTULO III
EXTRACCIÓN MINERAL MEDIANTE MINERÍA
A CIELO ABIERTO

A continuación, se destacan investigaciones relacionadas con el proyecto para la explotación a cielo abierto de charnockita, las cuales servirán de apoyo para proponer el diseño de excavación además de los equipos idóneos que se adapten a la topografía presente en el cerro La Danta.

3.1 CHARNOCKITA

Definición

Las charnockitas son rocas de granoblásticas que contienen antiperitita, plagioclasa sódica, hiperstena, diópsido, granate y minerales metálicos. Las charnockitas son, por tanto, variedades de granulitas en el sentido más amplio, caracterizados por la presencia de un piroxeno o piroxenos. La mayoría de las rocas llamadas granitos piroxénicos son similares a las charnockitas y las charnockitas félsicas (ácidas) son granulitas en sentido estricto (Mayo, 2010, p. 205).

Mineralogía

Las tres variedades principales de charnockitas se diferencian esencialmente por la relación existente entre los constituyentes de color claro y de color oscuro. Las charnockitas félsicas (ácidas) contienen mayor cantidad de silicio (Si) que las variedades intermedias y máficas, así como más ortosa y algo más plagioclasa sódica. En las charnockitas máficas, la plagioclasa es el feldespato predominante, de andesita sódica a aligoclasa cálcica, por lo común aunque en rocas de algunas localidades llega a ser tan cálcica como An_{55-70} ; gran parte de antiperitítica, con laminillas y burbujas de ortosa, especie esta que rara vez se presenta en cristales discretos.

La plagioclasa rara vez está maclada, rasgo característico de la mayoría de las charnockitas, el diópsido puede ser más abundante que la hiperstena, que es débil o fuertemente pleocroica y algunos cristales de diópsido contienen laminillas de ilmenita, producto de exsolución. Puede estar presente hasta el 20% de granate de color lila (piropo-almandino), los accesorios son la hornblenda (que puede ser esencial en algunas variedades), biotita, apatito, ilmenita, hematitas y magnetita.

En las charnockitas intermedias la ortosa se presenta en granos individuales y como inclusiones e oligoclasa antipertítica, existiendo gradaciones entre la oligoclasa antipertítica y la ortosa pertítica. Por lo general, el diópsido es más abundante que la hiperstena, que es más rica en hierro que en las charnockitas máficas, en algunas variedades la hornblenda es de color pardo verdoso oscuro pobre en OH, es más abundante que los piroxenos, los minerales accesorios son el apatito, circón, biotita, minerales metálicos y con menos frecuencia la epidota y la esfena; los secundarios son: cuarzo, calcita y serpentina, según hiperstena. (Mayo, 2010, p. 205).

Texturas y microestructuras

La textura es granoblástica, uniforme, de grano fino a medio, aunque en algunas variedades aparezcan grandes cristales de diópsido. Normalmente todos los constituyentes son alotríformos, con parte del diópsido y esqueletos de cristales de granate. El bandeo o rayado finos son característicos de algunas charnockitas, con capas de minerales máficos (hiperstena más granate; diópsido; hornblenda) alternando con otras deldespáticas.

Algunas charnockitas máficas han sido llamadas gneis piroxénicos. La hiperstena forma aureolas o crecimiento continuos sobre el diópsido, siendo raro que los núcleos de hiperstena aureolas formados por cristales aislados de diópsido. La presencia de abundante antipertita y la ausencia de maclado en las plagioclasas, son rasgos texturales característicos. (Mayo, 2010, p. 206).

3.2 CHARNOCKITA UBICADA EN EL CERRO LA DANTA

Según el análisis microscópico presentan minerales potásicos (tipo mesopertita, antipertita, pertita, y microclino), con alto porcentaje de cuarzo, cantidades menores de piroxeno, mica biotita, óxidos e hidróxidos de hierro y como accesorios circón, epidoto y apatito y algunas con trazas de hornblenda; (figura N° 3), esto hace concluir que pudo ser derivada de granitos potásicos primitivos. También se observaron que estos minerales se encuentran fracturados, en partes alargados, recristalizados, algunos

con bordes suturados y en el caso de la plagioclasa presenta maclas difusas, deformada, combada y ligeramente alterada a sericita (figura N° 4), esto evidencia el metamorfismo dinamotermal sufrido en las rocas, por las altas presiones y temperaturas se metamorfizó hasta alcanzar la facies de las granulitas, esto se ajusta a la interpretación hecha por Mendoza, (1974).

Seguidamente, se describe el análisis petrográfico de una (1) muestra de charnockita.

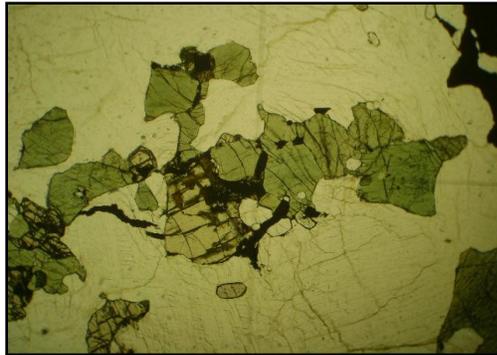


Figura N° 3 Microfotografía de la muestra LD - CTC - 02, empleando nicoles paralelos para observar minerales como: biotita (Bi), apatito (Ap). V. Tomado de: Loran, (2012).

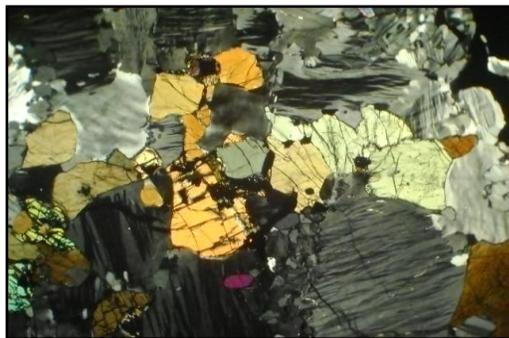


Figura N° 4. Microfotografía de la muestra LD - CTC - 02, empleando nicoles cruzados. Se observan cristales de feldespato (Fk), cuarzo (Q). Tomado de: Loran, (2012).

Descripción petrográfica

En muestras de mano, son rocas duras, frescas, homogéneas, de grano fino a medio, de color gris verdoso. Microscópicamente se observa una textura granoblástica inequigranular ligeramente cataclástica, definida por minerales de tamaño grueso,

medios y finos, la mayoría son xenoblásticos, de bordes corroídos, donde los fenocristales por disgregación mecánica han producido agregados suturados y recristalizados. Presenta estructura masiva y una composición mineralógica con predominancia del feldespato potásico, seguida del cuarzo, anfíbol y piroxenos. Una pequeña cantidad de minerales opacos (3% aprox.) como apatito, hidróxido de hierro y mica biotita también se encuentran presentes en la muestra analizada. (Loran, 2012, p. 119).

Como se observa a continuación:

Muestra	Minerales principales	Porcentaje aproximado (%)	Minerales accesorios	Alteración
LD - CTC - 02	Feldespato potásico	65-70	Minerales opacos, apatito, oxido e hidróxido de hierro y mica biotita todos en menos de 3% aproximadamente.	Sericita
	Cuarzo	15		
	Anfíbol	8		
	Piroxeno	7		

Tabla N° 1. Composición mineralógica de la Muestra LD - CTC - 02: Charnockitas. Tomado de: Loran, (2012).

Resistencia a la compresión simple

Este parámetro es de gran importancia en la caracterización geotécnica de los macizos rocosos, ya que permite conocer con gran exactitud la cantidad de esfuerzo máximo permisible que puede soportar un tipo de roca determinada. El esfuerzo generado en este ensayo es de tipo uniaxial o en una sola dirección perpendicular a la muestra. Las rocas ígneas y metamórficas son conocidas por su alta resistencia y cohesión, razón por la cual los valores de esfuerzos que son capaces de resistir son muy altos. El empleo de estos resultados permiten complementar el criterio de aceptación o rechazo de los agregados pétreos para su uso industrial en la construcción o como balastos ferroviarios, siendo en el último caso donde cobran mayor relevancia. Los resultados para las dos muestras ensayadas arrojan un valor promedio de 879,46 Kg/ cm² de

resistencia a la compresión, siendo este un valor relativamente alto y aceptable, como se observa en la tabla N° 2. (Loran, 2012, p. 154).

Ensayo de resistencia a la compresión de rocas Cortado en forma cúbica (5cmx5cmx5cm)						
Zona de origen	Muestra		Fuerza axial F (Kg.)	Área A (cm ²)	Resistencia (Kg./ cm ²)	Promedio (Kg./ cm ²)
Cambalache	LD-CTC-01 y 02	A	28728	26,82	1071,140	879,461
		B	18240	26,52	687,782	

Tabla N° 2. Ensayo de resistencia a la compresión de rocas. Tomado de: Loran, (2012).

3.3 FASES DE DESARROLLO DE UN PROYECTO MINERO. (ITGE, 1995)

Para llevar a cabo un proyecto minero existen tres fases típicas las cuales son:

- ❖ Fase de Planificación: llamada también etapa de pre-inversión o de estudio.
- ❖ Fase de Implementación: contempla el período de inversión o de diseño. Por lo general incluye el período de desarrollo y preparación de la mina, además de la adquisición de la planta de tratamiento hasta el punto de suministrar el material de alimentación necesario para iniciar la producción.
- ❖ Fase de Producción: conocida como el lapso de operación la cual incluye el arranque y puesta en marcha de la faena minera.

Seguidamente, se comentaran algunos aspectos de interés de cada una de esas fases.

3.3.1 Fase de Planificación

En esta fase se encuentran las mayores oportunidades para la reducción de costos de capital y de operación del proyecto en sí, mientras se maximice la operatividad y rentabilidad de la inversión.

Durante esta fase se deberán llevar a cabo tres tipos de estudios como son: conceptual, previabilidad y viabilidad.

a) Estudio Conceptual

Es la representación de la transformación de una idea de proyecto en una amplia proposición de inversión, mediante el empleo de métodos comparativos de definición de alcance y técnicas de estimación de costos que permiten identificar las oportunidades potenciales de inversión. Generalmente, los costos de capital y de operación se estiman de manera aproximada a partir de datos históricos. Se intenta primeramente esclarecer los aspectos principales de la inversión de un posible proyecto de explotación.

b) Estudio de Previabilidad

Tiene como objeto determinar si la idea del plan justifica un análisis detallado para un estudio de viabilidad, y si algunos aspectos del proyecto son críticos en su consecución y necesitan una investigación en profundidad por medio de estudios complementarios o de apoyos.

c) Estudios de Viabilidad

Este estudio proporciona la base técnica, económica y comercial para la decisión de inversión en un proyecto. En él se definen la capacidad de producción, la tecnología, las inversiones y los costos de producción, además, de los ingresos y la rentabilidad del capital desembolsado. En él se define el alcance de los trabajos y sirve como un documento base para el progreso del proyecto en fases posteriores. Los estudios de viabilidad son solo medios para facilitar la toma de decisiones en cuanto a la inversión

se refiere, estas no necesariamente deben coincidir con lo que se haya concluido en dicho estudio.

A continuación se presenta la tabla N° 3, en la cual se puede apreciar los niveles de decisión que se pueden tomar dependiendo del tipo de estudio y los objetivos que persigue el mismo.

Decisión	Tipo de estudio	Objetivos
Identificación	Estudio conceptual o de oportunidad del proyecto	Identificar oportunidades.
		Determinar las partes esenciales que requieren estudios de apoyo.
Análisis Preliminar	Estudio de apoyo	Determinar la alternativa u opción más variable. Identificar las características del proyecto elegibles.
	Estudios de previabilidad	Determinar la viabilidad provisional del proyecto. Decidir si se debe iniciar el estudio de viabilidad.
Análisis Final	Estudio de apoyo	Investigar detalladamente los criterios seleccionados que requieren estudios de detalles.
	Estudio de viabilidad	Realizar la elección final de las características del proyecto y los criterios de selección.
Evaluación del Proyecto	Estudio de evaluación	Adoptar la decisión final en cuanto la inversión.

Tabla N° 3. Tipos de estudios y objetivos. Tomado de: ITGE (1995).

3.4 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE COSTOS. (ITGE, 1995)

Los métodos disponibles para llevar a cabo las estimaciones de los costos son numerosos. Entre todos ellos, habrá que elegir el que mejor se adapte a las características del proyecto en la etapa de estudio en la que se encuentra.

Los costos se calculan en los proyectos mineros son de tipos: costos de capital, o inversión, y costos de operación, la mayoría de los métodos de estimación se refieren mas a los primeros, ya que los cálculos de costos de operación más exactos se llevan a cabo después de definirse las especificaciones del proyecto, a través de diagramas de flujos, esquemas de producción, listas de equipos, entre otros. (ITGE, 1995, p. 148).

Entre los métodos de estimación de costos encontramos:

- a) Estimación de inversiones o costos de capital.
- b) Método de la mesa redonda.
- c) Método del costo unitario e inversión específica.
- d) Método del índice de facturación.
- e) Método de ajuste exponencial de la capacidad.
- f) Método de costo de equipos.
- g) Método del índice de costo.
- h) Método del índice de costo de equipos.
- i) Método del índice de costo de componentes.

Para los efectos de este estudio se utilizara el método del coste del índice de facturación, ya que se cuenta con los valores solicitados para realizar el cálculo correspondiente, el cual se detalla a continuación.

❖ Método del Índice de Facturación

Es igual al valor del producto por tonelada dividido por la inversión específica del proyecto, en minería se suele verificar que la relación entre la facturación anual y la inversión total oscila entre 0,3 y 0,35. (ITGE, 1995, p. 150).

$$\text{Inversión total} = (\text{Precio de venta del mineral tiene (US\$/t)} \div \text{índice de facturación}) \\ \text{*producción deseada (t/año)} \qquad \qquad \qquad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

Precio de venta del mineral se tiene (US\$/t)= 7,75

Índice de facturación= 0,30

Producción deseada (t/año)= 335.675,34

Por lo tanto, este valor de inversión total estará basado en los US\$ requeridos para la extracción de la producción.

3.5 MÉTODOS A CIELO ABIERTO. (Herrera, 2006)

En la minería a cielo abierto se encuentra una gran tipificación, todos dependiendo de las características del yacimiento, entre estos métodos según la clasificación española se pueden mencionar los siguientes:

- ❖ Cortas.
- ❖ Descubiertas.
- ❖ Terrazas.
- ❖ Contorno.
- ❖ Canteras.
- ❖ Graveras.

Por tratarse de una explotación de charnockita, además del ritmo anual deseado se requiere emplear el método de explotación de cantera, que a continuación se describirá.

3.5.1 Canteras

Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción.

Constituye el sector más numeroso, ya que desde mucho tiempo explotan las rocas para la extracción y abastecimiento de materia prima, con uso final en la construcción y obras de infraestructuras.

Las canteras pueden subdividirse en dos grandes grupos: el primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado y apto para alimentar la planta de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción, en forma de áridos a la fabricación de cemento, entre otros, como se observa en la figura N° 5; y el segundo dedicado a la explotación de rocas ornamentales, que se basa en la extracción cuidadosa de grandes bloques paralelepípedos que posteriormente se cortarán y elaborarán. (Herrera, 2006, p. 8).

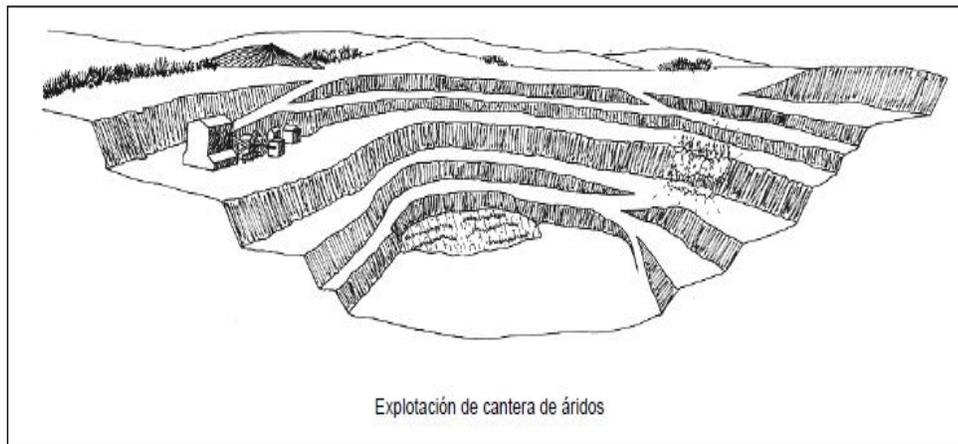


Figura N° 5. Explotación de cantera de roca ornamental. Tomado de: Herrera, (2006).

3.6 DISEÑO DE ACCESOS Y PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE UNA MINA A CIELO ABIERTO

Dentro de las actividades permanentes en una explotación minera se encuentra la construcción o habilitación de accesos.

En una mina a cielo abierto, se requiere ir coordinando la ejecución de las actividades productivas diarias con las diligencias que guardan relación con la construcción de accesos, las cuales tendrán que satisfacer las siguientes restricciones (Portal Minero S.A., 2006, p. 24):

1. Realizar un acceso libre y seguro a la zona determinada.
2. Permitir el paso a tiempo a la zona determinada, de acuerdo al programa de producción.

3. Cumplir con las restricciones geométricas de los equipos y las actividades.
4. Verificar las restricciones geomecánicas del sector.
5. Efectuar la extracción de todo el material relacionado con el sector.
6. Debe garantizar la realización de actividades paralelas en completa seguridad.

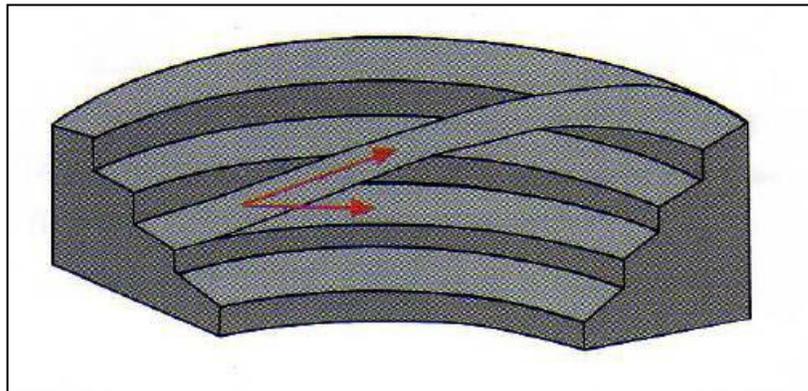
Dentro de la geometría de los accesos podemos destacar:

- ❖ Ancho de bermas.
- ❖ Ancho de cunetas.
- ❖ Pendiente.
- ❖ Ángulo de corte de talud.

Otros parámetros geométricos a considerar dentro del diseño de una mina son:

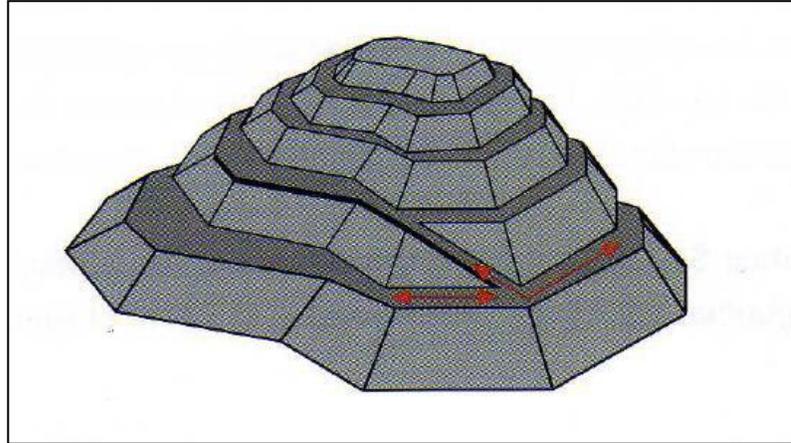
- ❖ Ancho máximo operativo.
- ❖ Desfase entre palas.
- ❖ Cruce de camiones o doble vía.

Para la explotación a cielo abierto se puede observar que los accesos (rampas o accesos específicos) se visualizan en la representación a continuación :



Accesos de una mina a cielo abierto. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

En una explotación tipo cantera se percibe lo siguiente:



Accesos de una explotación tipo cantera. Tomado de Portal Minero S.A., (2006).

En puntos específicos, donde se requiere acceder a más de un banco, este deberá cumplir con la configuración de la figura N° 6 para lograr su objetivo:

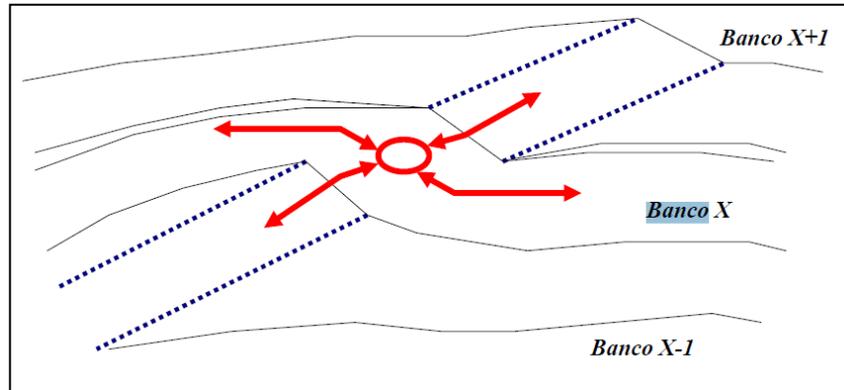


Figura N° 6. Acceso a banco en una explotación tipo cantera. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

Para el diseño de una rampa se debe considerar los siguientes datos, tomando en cuenta que esta se compone de varios tramos que no necesariamente tendrán las mismas características (Portal Minero S.A., 2006, p. 25):

P_i = Pendiente del tramo i (%).

$C_{i+1}-C_i$ = Diferencia de cota del tramo i (metros).

A_i = Ancho del tramo i (metros).

R_i = Radios de curvatura en el tramo i (metros).

Lr_i = Longitud real del tramo i (metros), es la que deben recorrer los equipos.

La_i = Longitud aparente del tramo i (metros), es la que se ve en el plano.

La pendiente, el ancho y los radios de curvatura de cada tramo deben ser tal que los equipos que circulen por la rampa puedan alcanzar su rendimiento productivo sin sufrir deterioros en su funcionamiento o estructura ni riesgos en la operación.

Como se observa en la figura N° 7, la discrepancia de cota de cada tramo por lo general resulta de la diferencia de cota de un banco y el siguiente, es decir la altura de bancos, a menos que se trate de un banco sin pendiente en el cual la diferencia de cota es cero (0). (Portal Minero S.A., 2006, p. 25).

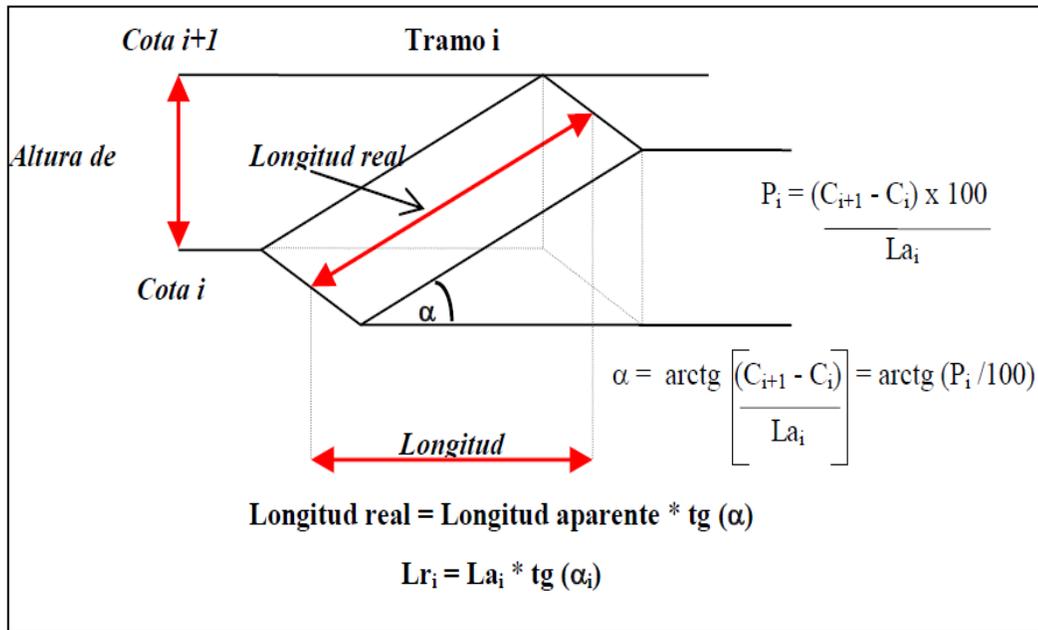


Figura N° 7. Diseño de un banco en mina a cielo abierto. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

La longitud final de la rampa resultará de la suma de las longitudes reales de todos los tramos.

$$L_r \text{ TOTAL} = \Sigma L_{ri}$$

Radios de curvatura en pendiente y su componente plana, ver figura N° 8:

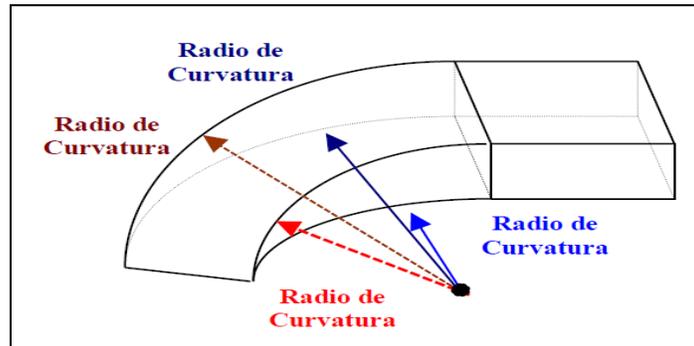


Figura N° 8. Radios de curvatura en pendiente y su componente plana. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

La materialización de la rampa en el diseño puede realizarse de acuerdo al siguiente procedimiento (Portal Minero S.A., 2006, p. 26):

- a) Desde abajo hacia arriba, es decir tomando como punto de partida el pie del banco más profundo, lo que generaría una extracción extra de material al ampliarse el talud o ensancharse más los bancos superiores (corte).
- b) Desde arriba hacia abajo, es decir tomando como punto de partida el pie del banco más alto, lo que produciría una disminución del último banco, es decir puede que queden bloques sin extraer o hasta uno o más sin explotar (relleno).
- c) Tomando como referencia un banco intermedio, lo cual produciría una disminución menor en los últimos y un ensanchamiento menor en los superiores (mixto).

En el último caso se puede adoptar algún criterio como elegir el banco con mayor aporte de fino al proyecto, o el que permita maximizar el flujo final del proyecto, entre otros.

Se debe considerar que para la construcción de las rampas y los accesos, además hay que respetar las restricciones técnicas y físicas de la explotación, es decir definir bien los lugares en que se realizarán dichos accesos, donde no exista peligro de inestabilidad, entorpecimiento de la operación, entre otros, ya que no se puede arriesgar a que por algún siniestro geomecánico quede la mina aislada con compromiso de pérdida de equipos, producción y lo más importante vidas humanas.

En cuanto a una vista de perfil, para el diseño de una mina a cielo se puede observar en la figura N° 9.

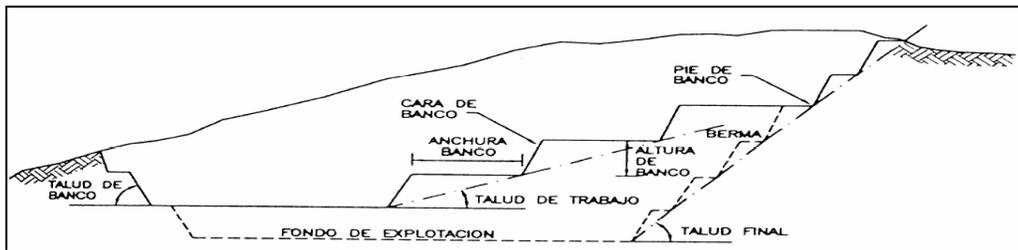


Figura N° 9. Vista de perfil para el diseño de una mina a cielo. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

3.6.1 Ángulos de talud en explotaciones a cielo abierto

Sin duda uno de los parámetros geométricos más significativos en la explotación son los ángulos de talud, ya que generan las restricciones operacionales más relevantes es garantizar la estabilidad de cada uno de los sectores comprometidos, para lo cual se requiere mantener una geometría de diseño óptima, es decir que permita un máximo beneficio económico en función de un mínimo factor de riesgo de que ocurra algún siniestro geomecánico, como se observa en la figura N° 10.

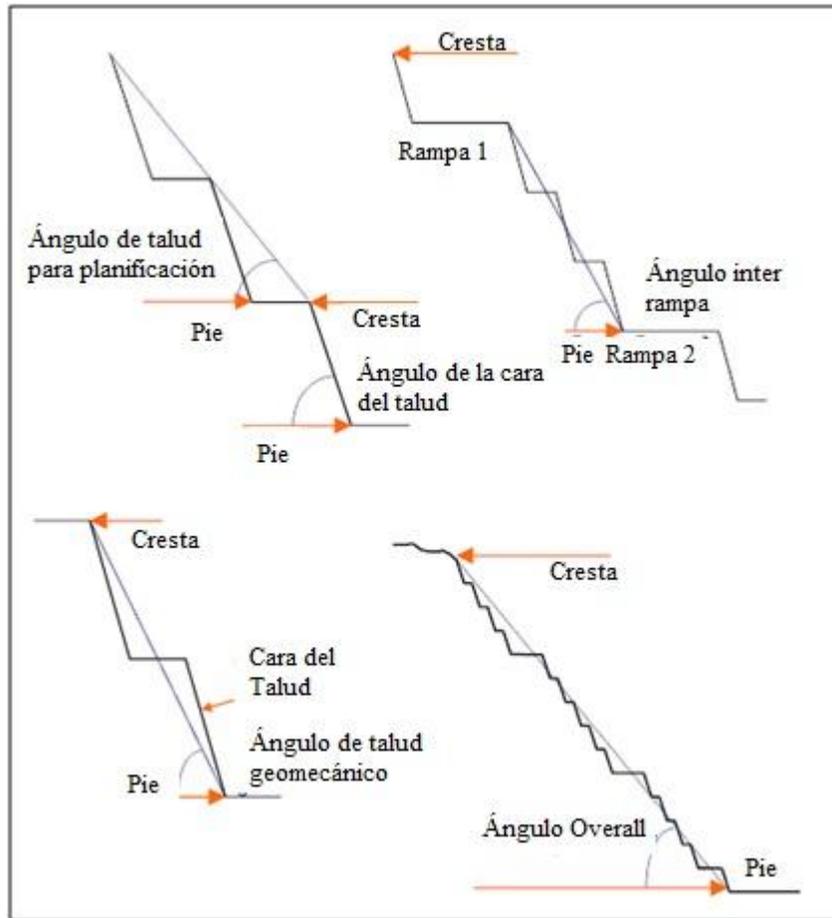


Figura N° 10. Ángulos de talud en explotaciones a cielo abierto. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

Los ángulos de talud con que se trabaja en una explotación son: (Portal Minero S.A., 2006, p. 26).

- ❖ Ángulo de talud de la pared del banco: Representa la inclinación con que queda la pared del banco, este ángulo se mide desde el pie del banco a su propia cresta.
- ❖ Ángulo de talud inter rampas: Representa la inclinación con que queda el conjunto de bancos que se sitúan entre una rampa y la rampa consecutiva, este ángulo se mide desde el pie del banco superior donde se encuentra una rampa hasta la cresta del banco donde se encuentra la otra rampa.

- ❖ Ángulo de talud de un conjunto de bancos: Representa la inclinación con que queda un grupo de bancos sin existir entre ellos alguna diferencia geométrica importante, este ángulo se mide desde el pie del banco más profundo hasta la cresta del banco de cota mayor.
- ❖ Ángulo de talud *overall*: Representa el ángulo de inclinación con que queda la pared final del talud, incluyendo todas las singularidades geométricas existentes, este ángulo se mide desde el pie del banco más profundo hasta la cresta del banco más alto de la explotación.

Se debe destacar que como el ángulo de talud restringe la explotación, su variación, por pequeña que sea, generará dos (2) efectos directos: (Portal Minero S.A., 2006, p. 26).

- ❖ Modificación en la estabilidad del talud y la explotación.
- ❖ Cambio en los beneficios económicos de la explotación.

Al aumentar el ángulo de talud se disminuye la cantidad de estéril a remover para la extracción del mismo mineral, e incluso se podría acceder a la extracción de otras reservas minerales las que antes no era posible extraer. Esto genera un aumento en los beneficios económicos de la explotación. Ahora bien, este incremento del ángulo de talud solamente será viable en el caso que las condiciones geomecánicas lo permitan.

3.6.2 Pistas, bermas, zanjas y cunetas

La cuneta se construye con el fin de canalizar las aguas de drenaje. Al no canalizar dichas aguas se corre el riesgo de que estas dañen y corten los caminos.

Generalmente, las cunetas tienen un ancho de un (1) metro por una profundidad de 50 centímetros, lo cual dependerá de las condiciones de drenaje de la zona (Portal Minero S.A., 2006, p. 23).

Las bermas de seguridad tienen por objetivo detener o contener a los vehículos en caso de emergencia, por ello la berma que está hacia el talud tendrá que ser más alta

de modo que pueda detener efectivamente a cualquier vehículo en una emergencia sin que caiga. Comúnmente se utiliza como altura de berma hacia el talud la mitad del diámetro de las ruedas en los equipos que transitan en el camino (camiones). Lo ideal es definir la altura considerando la pendiente del tramo, la resistencia a la rodadura, el tamaño de los equipos y en lo posible tener de referencia una prueba empírica de la situación.

La distancia de seguridad, es entre la pista y las bermas, en el caso de una sola vía, y entre dos camiones, en el caso de doble vía, considera el efecto visual que se produce al conducir un equipo de gran altura, lo cual hace que el operador perciba los objetos a una distancia menor de la que en realidad se encuentran. Esta longitud de seguridad deberá ser mayor a dicha distancia de percepción. Como se observa en las figuras N° 11 y 12.

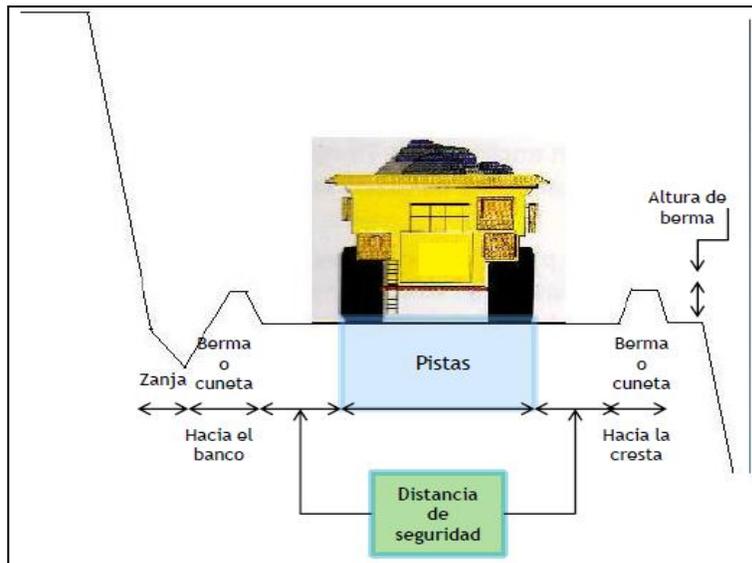


Figura N° 11. Pistas, bermas, zanjas y cunetas. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

Pistas para cruce de camiones o doble vía, ver figura N° 12:

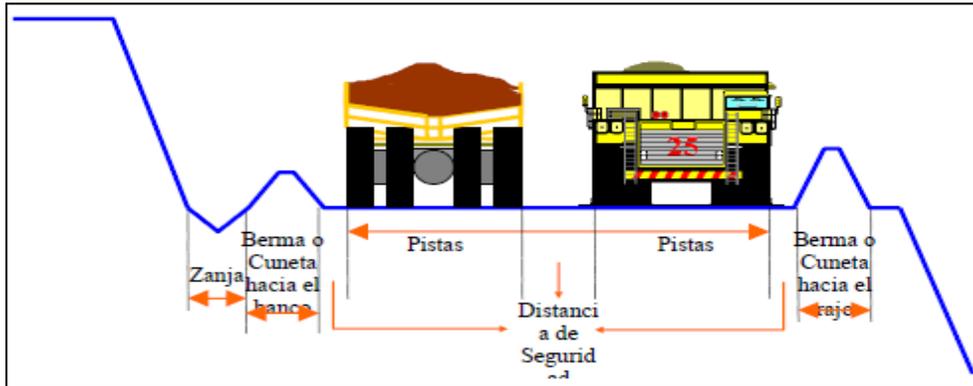


Figura N° 12. Pistas para cruce de camiones o doble vía. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

Bermas de seguridad o contención

Las bermas de seguridad o para la contención de derrames, se diseñan en función de la probabilidad de que ocurra algún siniestro geomecánico, como el desplazamiento de una cuña o volcamiento de roca (según sea el caso o la situación geomecánica), por lo que será de mucha importancia realizar un buen estudio de dicha probabilidad, ya que el ángulo de talud final de la zona estudiada depende de la longitud de berma recomendada, figura N° 13.

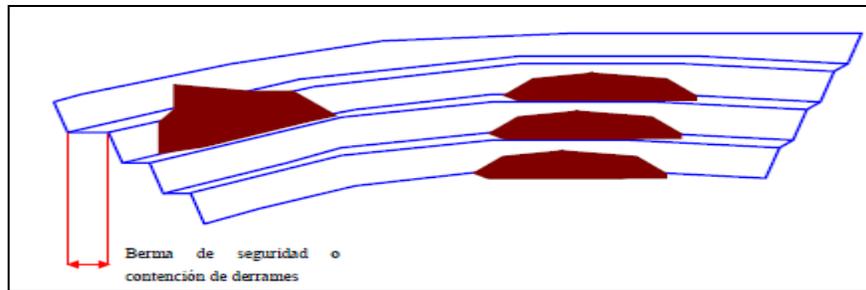


Figura N° 13. Bermas de seguridad o contención. Tomado de: Portal Minero S.A., (2006).

3.7 OPERACIONES BASICAS Y CLASIFICACIONES DE EQUIPOS

El ciclo de explotación minera se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas tanto al material estéril como al mineral. Según las condiciones del proyecto que se esté llevando a cabo, existirán o no otras operaciones

auxiliares de apoyo cuya misión es hacer que se cumpla con la mayor eficiencia posible las operaciones básicas pertinentes.

Las fases que engloba el ciclo minero a cielo abierto son, generalmente, las siguientes (a) arranque, (b) carga, (c) transporte y (d) vertido (Martín, 1984).

El arranque es, por necesidad, la primera de las operaciones para el movimiento de los materiales y consiste en fragmentarlos a un tamaño adecuado para uso posterior y manipulación por los equipos de fases subsiguientes. La fragmentación de la roca puede efectuarse fundamentalmente por dos métodos bien definidos: (Estudios mineros del Perú S.A.C, s/f, p. 98).

1. Indirectos, es decir por medio de la energía liberada por los explosivos colocados en el interior de los macizos rocosos dentro de barrenos.
2. Directos, por la acción mecánica de una herramienta montada sobre un equipo.

La carga consiste en la recogida del material ya fragmentado para depositarlo seguidamente, en la mayoría de los casos, sobre otro equipo o instalación adyacente.

El transporte es la fase que posee en la actualidad una mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, que puede cifrarse entre el 40 y el 60 % del costo total e incluso de la inversión en equipos principales. Se base en la extracción o desplazamiento de los diferentes materiales hasta los vertedores, en el caso de los estériles. Según que el transporte se lleve a cabo dentro de los límites propios de la explotación e instalaciones mineralúrgicas, o fuera de ellas, se incluyen sistemas tales como el realizado por barcos por ferrocarril, entre otros. La operación vertido, normalmente, la realiza el transporte con ayuda de equipos auxiliares.

De acuerdo con unas serie de consideraciones específicas, que se analizarán más adelante para cada grupo de las maquinas, las combinaciones entre sí pueden ser las siguientes:

- ❖ Ciclo separado: en esta el arranque es efectuada por unidades distintas de las que realizan la carga y el transporte. Un caso puede ser, por ejemplo, aquel en el que el arranque lo realizan tractores de orugas, cargadores frontales, el transporte y vertido. De esta manera el ciclo básico estará, pues, constituido por la agregación de las siguientes fases individualizadas, figura N° 14 .

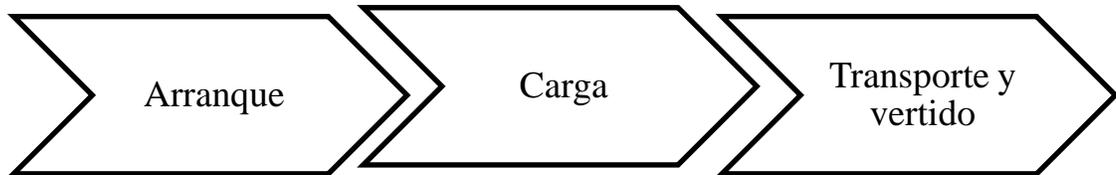


Figura N° 14. Ciclo separado. Tomado de: Estudios mineros del Perú S.A.C, (s/f).

- ❖ Ciclo mixto: el mismo equipo efectúa el arranque y también la carga como sucede, por ejemplo, con las rotopalas, las excavadoras o minadores, que arranca y cargan simultáneamente. En este caso el transporte lo realizan otras unidades independientes, figura N° 15.

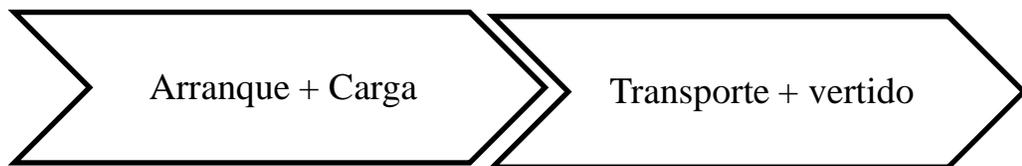


Figura N° 15. Ciclo mixto. Tomado de: Estudios mineros del Perú S.A.C, (s/f).

- ❖ Ciclo combinado: una misma máquina debido a sus propias características constructivas y funcionales, realiza por sí sola el arranque, la carga y el transporte, esto sucede con las mototraíllas y con las rotopalas de brazo de descarga directa, figura N° 16.

Arranque + Carga + Transporte

Figura N° 16. Ciclo combinado. Tomado de: Estudios mineros del Perú S.A.C, (s/f).

La elección del conjunto de equipos necesarios para llevar a cabo un proyecto se suele realizar normalmente después de definir la fase u operación crítica, en función de la cual se estructurará todo el proceso productivo teniendo en cuenta una serie de consideraciones.

3.7.1 Maquinas de arranque y carga

Equipo de arranque discontinuo

- ❖ Retroexcavadora: Son equipos iniciados en las obras públicas, introduciéndose luego en minería con sistemas de arranque y carga, frontal o retro, montaje sobre orugas y tamaños en progresivo aumento, figura N° 17.



Figura N° 17. Retroexcavadora. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

- ❖ Pala frontal: Unidades de ruedas o cadenas dotadas de un cucharón en la parte delantera, son equipos muy versátiles, utilizados en funciones de carga y transporte fundamentalmente, tanto en obras públicas como en minería, figura N° 18.



Figura N° 18. Pala frontal. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

3.7.2 Maquinaria de transporte

Dentro del conjunto de los equipos de transporte. Estos vehículos pueden clasificarse, según su diseño y modo operativo:

- ❖ Camión roquero: Son unidades generalmente de dos ejes (uno de dirección y otro motriz) y de tres ejes en los de mayor capacidad o en las unidades pequeñas articuladas (un eje de dirección y dos motrices), figura N° 19.



Figura N° 19. Camión roquero. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

- ❖ Camión articulado: Vehículo usado para el sector construcción y en la minería, generalmente su fin es el transportar cargas pesadas, usualmente en terrenos difíciles de complejo acceso. Tiene la capacidad de soportar cargas de hasta 40

toneladas de peso, lo que explica su popularidad, ya que posibilita llevar a su destino cargas muy pesadas en un solo viaje, figura N° 20.



Figura N° 20. Camión articulado. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

- ❖ Camiones de obras civiles: estos son empleados en el sector construcción, pero debido a su versatilidad pueden ser utilizados en la minería se caracterizan por tener una tolva de menor capacidad, existen diversas marcas y modelos en el mercado, figura N° 21.



Figura N° 21. Camión de obra civil. Tomado de: www.copiapo.olx.cl, (2013).

- ❖ Cintas transportadoras: Es un sistema de transporte formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos o varios tambores, figura N° 22.



Figura N° 22. Cinta transportadora. Tomado de: www.elblogdelprofesordetecnologia.blogspot.com, (2013).

3.7.3 Maquinaria auxiliar

La flota de equipos que, habitualmente, se utiliza en las labores de conservación e incluso en la apertura de pistas, está formada por las siguientes máquinas:

- ❖ Motoniveladora: para el extendido de materiales de aportaciones y reperfilado de las superficies de rodadura, figura N° 23.



Figura N° 23. Motoniveladora. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

- ❖ Tractores de orugas y ruedas: para la excavación y relleno de zonas muy deterioradas, construcción de nuevos trazados y retirada de grandes piedras, figura N° 24.



Figura N° 24. Tractor de ruedas. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

- ❖ Camión de riego o cisterna: para eliminar el polvo de las pistas manteniendo el grado de humedad y/o cohesión de los materiales superficiales, figura N° 25.



Figura N° 25. Camión de riego o cisterna. Tomado de: www.mexico.cat.com, (2013).

3.8 EXPLOSIVOS DE APLICACIÓN MINERA

Dividiremos los explosivos comerciales en dos grandes grupos (ITGM, 1994, p. 114):

- a) Explosivos con nitroglicerina: son sin duda los más potentes, esta cualidad no es siempre la mejor, ya que en ocasiones se prefieren explosivos menos potentes, con el fin de conseguir una granulometría grande. Son explosivos más delicados, necesitan mejores condiciones de almacenamiento.

❖ **Dinamitas:** se entiende como tales aquellas mezclas sensibles al detonador entre cuyos ingredientes figura la nitroglicerina. Su número y clase es extremadamente variado según países y marcas, variando también sus componentes adicionales, siendo los principales componentes los siguientes:

- Explosivo base: nitroglicerina.
- Explosivos complementarios: trilita, nitrobenzeno, entre otros.
- Aditivos generadores de oxígeno: nitrato amónico, nitrato sódico, nitrato potásico, así como cloratos y percloratos.
- Sustancias que aumentan la potencia: aluminio, silicio y magnesio.

Clases de Dinamitas:

- ❖ **Gomas:** están constituidas fundamentalmente por nitroglicerina y nitrocelulosa. Sus principales ventajas son su consistencia plástica, una gran densidad, magnífico comportamiento al agua y una gran potencia, siendo la goma pura el más potente de los explosivos comerciales.
- ❖ **Gomas especiales:** incorporan como agente oxidante el nitrato amónico, que no siendo un explosivo base, contribuye a la energía de la explosión, al mismo tiempo que actúa como oxidante, para obtener un balance de oxígeno adecuado. Esto permite obtener un explosivo de potencia algo menor que las anteriores gomas, con menores proporciones en nitroglicerina.
- ❖ **Booster de pentolita:** los iniciadores de alta presión de detonación formulados con Pentrita (PETN, 40%) y Trinitrotolueno (TNT, 60%), están diseñados para desarrollar la iniciación requerida para generar la máxima energía que los explosivos iniciados solicitan. Su sensibilidad se limita a la generada por un detonador N° 8, tienen un comportamiento excelente ante el ataque químico del agua por altos periodos de tiempo. Su aplicación fundamentalmente es como carga de fondo de barrenos de mediano y gran diámetro en voladura de

rocas de consistencia de dura a muy dura, utilizando como carga de columna los ANFOS.

- b) Explosivos sin nitroglicerina: son más seguros, algo más inestables y también de una potencia apreciable, aunque menor.
- ❖ Agente explosivo de baja densidad, ANFO, ANFOAL, Nagolitas: se conocen con el nombre de explosivos polvulentos. Empezaron a emplearse en la década de los setenta, llegando su consumo a ser el 75% de los explosivos utilizados en el mundo (ITGM, 1994, p. 118).

Es un explosivo con unas características individuales muy malas, (hidroscópico, poco potente, mala conservación, sensible al agua), sin embargo su precio lo hace el más utilizado hoy en día en minas a cielo abierto. Se trata en esencia de una mezcla de nitrato de amonio (NA) más *fuel oil* (FO).

Características más importantes del ANFO (ITGM, 1994, p. 118):

Tamaño y tipo de grano: tienen forma de granos, parecidos a los granos de arroz, son porosos, rellenos de aire, ya que así tienen una mayor velocidad de liberación de la energía. La porosidad óptima parece estar próxima a $0,07 \text{ cm}^3 / \text{gr}$.

Contenido en *fuel-oil*: La influencia del *fuel-oil* incorporado a la mezcla de nitrato amónico, en proporciones variables viene reflejada en la figura. La máxima velocidad de detonación se alcanza para un contenido en *fuel-oil* de 5 %; igualmente para esta proporción se alcanza el equilibrio en oxígeno.

Contenido de agua: es conocida la propiedad del nitrato amónico de ser muy hidroscópico (absorbe la humedad). Con porcentajes de contenidos en agua inferiores al 9 % la velocidad va disminuyendo, pero conservando siempre velocidades mayores

a los 2000 m. Con humedades superiores al 9 % no se debe utilizar ANFO a granel; en este caso habría que utilizar ANFO envueltas en plástico para retrasar dicha absorción de agua.

- ❖ Hidrogeles (*slurries*): podemos definir los hidrogeles como composiciones explosivas formuladas en términos de un sistema de oxidación–reducción. Están constituidas por una parte oxidante (nitratos inorgánicos) y otra reductora, con suficiente cantidad de O₂ como para reaccionar violentamente con el exceso de O₂ del agente oxidante (ITGM, 1994, p. 121).

- ❖ Emulsiones: es el de más reciente aparición en el mercado, mantiene las propiedades de los hidrogeles, pero a su vez mejora dos características muy importantes como son la potencia y la resistencia al agua. Las emulsiones son del tipo con bases en aceites, en que la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes disueltas en agua y la fase aceitosa por un combustible líquido inmiscible con el agua del tipo hidricarbonatado, para conseguir una sensibilización adecuada se precisa de un mecanismo físico como lo son las burbujas de gas, que al ser comprimidas adiabáticamente producen el fenómeno de puntos calientes, que favorecen tanto la iniciación como la propagación de la detonación (ITGM, 1994, p. 123).

CAPÍTULO IV
PROCESAMIENTO MINERAL PARA EL
TRATAMIENTO DE LA CHARNOCKITA

En esta sección, se expone el ejercicio de cada uno de los equipos que son utilizados en el procesamiento de un mineral, la finalidad de ello es evaluar las opciones que de forma idónea se adapten a las características de la charnockita ubicada en el cerro La Danta.

4.1 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN

4.1.1 Planta de tratamiento

Es el lugar donde se llevan a cabo los procesos mineralúrgicos, y suele estar situada en los alrededores de la explotación minera, para reducir los gastos asociados al transporte del material a la planta metalúrgica, ya que, en general, el mineral está constituido en su mayor parte (en ocasiones hasta en un 99 %) por estéril, por lo que resulta imprescindible que el transporte se efectúe únicamente a los componentes que posean interés económico. (Estudios mineros del Perú S.A.C, s/f, p.135)

Uno de los principales procesos de las plantas de tratamiento es la preparación mecánica de los minerales.

Preparación mecánica de los minerales

La preparación del mineral, consistente en una fragmentación del material sólido, tiene como objetivo reducir, por acción mecánica externa y, a veces, interna, un sólido de volumen dado en elementos de volumen más pequeño.

Con ello se liberan los componentes con valor económico del estéril o, simplemente, se reduce una materia mineral determinada a unas dimensiones dictadas por la utilización.

También puede tener por objeto reducir el material a unas dimensiones que permitan unas reacciones fisicoquímicas o químicas cuya cinética es función de la superficie de los cuerpos presentes.

El proceso consta de diversas etapas o fases cuyos objetivos son, en general, obtener un material con unas dimensiones determinadas. (Estudios mineros del Perú S.A.C, s/f, p.137)

Dicha etapas es la:

- ❖ Trituración: Es una etapa amplia en la que se obtienen elementos con diferentes tamaños a partir del material suministrado en la fase anterior. Se suele hablar de una trituración primaria (tamaño inferior a 100 mm), una trituración secundaria (tamaño inferior a 25 mm) y una trituración terciaria, al final de la cual el material está formado por fragmentos inferiores a 10 mm.

Principales equipos de trituración

Los equipos de trituración que se utilizan en la preparación mecánica del mineral pueden clasificarse en diferentes categorías en función de la naturaleza de las fuerzas que actúan:

Las diferencias entre unos y otros equipos son importantes, aunque un primer aspecto que los caracteriza es el tipo de fragmentos que generan.

Un aparato que actúa por compresión produce una menor cantidad de finos que otro que actúa por impacto y éste, a su vez, menor cantidad de material fino que los que actúa por fricción.

También existe una adecuación entre los tipos de aparatos y la etapa de trituración, de tal forma que los que actúan por compresión suelen utilizarse en la fase primaria de machaqueo (al ser éste el método más práctico de generar una fractura en tamaños de partícula grande), mientras que para la etapa de molienda es más frecuente la utilización de equipos que actúan por fricción y percusión.

Equipos que actúan por compresión: Las trituradoras de mandíbulas y las trituradoras giratorias son los aparatos más utilizados en las plantas de tratamiento. Ambos

trabajan en seco, existiendo ventajas e inconvenientes para cada uno de ellos. Puesto que suelen utilizarse en la primera etapa de trituración, es frecuente la existencia de martillos rompedores en la entrada de la alimentación, con el fin de fracturar los fragmentos de gran tamaño que, en ocasiones, se presentan procedentes de la extracción minera. Estos aparatos generan relaciones de reducción entre 4:1 para la trituradora de mandíbulas y 10:1 ó 15: 1 para los trituradores giratorios y/o cónicos. En este caso, es importante explicar los tipos de trituración primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria, para reducciones sucesivas del tamaño en aplicaciones de roca dura.

- ❖ Trituradora de mandíbulas: Está constituida por dos mandíbulas dispuestas una enfrente de la otra en forma de V, una de las cuales es fija y la otra es animada de un movimiento alternativo producido por medio de un sistema de biela excéntrica y de placas de articulación. El material a machacar es introducido por la parte superior. El acercamiento de la mandíbula móvil provoca, por compresión, la rotura por aplastamiento de los grandes bloques. Su alejamiento permite a los fragmentos el descender en la cámara de trituración, donde son sometidos a un nuevo aplastamiento. Los materiales triturados se evacuan, seguidamente, por el orificio inferior, figura N° 26.

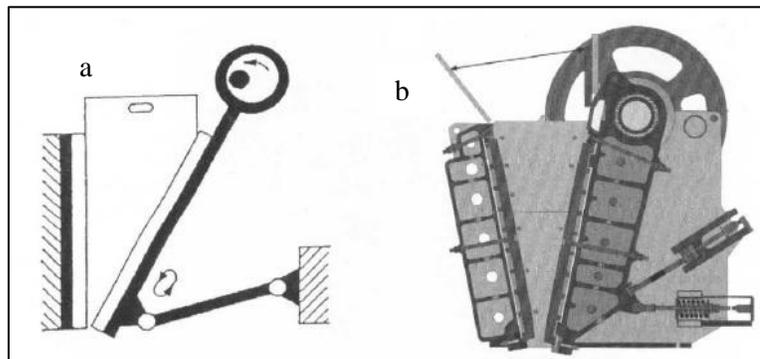


Figura N° 26. a) Esquema de una trituradora de mandíbulas de simple efecto-b) Corte esquemático de de una trituradora de mandíbulas de simple efecto. Tomado de: Fueyo, (1999).

Revestimiento de la trituradora de mandíbulas. (Fueyo, 1999)

Se definen como superficies renovables de trituración con diferentes tipos de configuraciones sobre la cara o superficie fabricadas de acero de manganeso. Estas placas están dentadas en el sentido de su altura para facilitar la caída por la cámara de trituración y son planas al dorso con el objeto de asentar bien sobre las mandíbulas y favorecer su fijación.

Dependiendo del tipo de roca a machacar estos revestimientos tendrán diferentes morfologías:

- ❖ La morfología en forma de picos coincidentes de los valles de los revestimientos de la mandíbula con las crestas de los revestimientos de la otra mandíbula, igual que las muelas de boca, se utilizan para materiales de dureza media, con un ángulo de 90° y con una relación de picos/ancho de los picos dos (2) o tres (3).
- ❖ La misma morfología anteriormente descrita pero con los dientes ondulados se utilizan para materiales duros.
- ❖ En el caso de ser necesario la trituración de materiales de gran tamaño y duros se utilizan morfologías con una relación altura de los picos/anchos de los mismos entre cuatro (4) o cinco (5).
- ❖ Para materiales con una dureza extremadamente alta, donde los procesos de machaqueo pueden generar esfuerzos laterales nocivos a los ejes, se utilizan revestimientos lisos.
- ❖ Para conseguir una granulometría más uniforme se utilizan revestimientos abovedados en la mandíbula móvil. Esto favorece un paso de salida más largo. No obstante, este tipo de revestimiento hoy en día está prácticamente en desuso.

El proceso de trituración hace que el desgaste de los revestimientos no sea similar en toda las zonas de la cámara de trituración, siendo mayor en la zona inferior próxima a la boca de evacuación. Con objeto de mitigar esta diferencia en el

desgaste, los revestimientos se fabrican reversibles e intercambiables con el fin de alargar su vida útil.

❖ Trituradoras giratorias: Estos aparatos pueden encontrarse tanto en plantas de tratamiento situadas en la superficie como en etapas de pre machaqueo en el inferior de la mina. Los materiales a triturar son reducidos por aplastamiento o compresión entre una pared cónica fija y un cuerpo troncocónico, montado un eje vertical, movido en su base por una excéntrica. En todo instante, la trituradora giratoria se comporta como una machacadora de mandíbulas, al igual que en las machacadora de mandíbulas, en la zona de descarga. Una modificación en las trituradoras giratorias son los conos, siendo el tipo *Symons* el más utilizado en los cuales el eje reposa, por medio del cuerpo troncocónico, sobre unos cojinetes esféricos. Esta disposición permite unas rotaciones rápidas y una disposición y alimentación fáciles. Suelen utilizarse para etapas de fragmentación con tamaños inferiores a las machacadoras de mandíbulas, figura N° 27.

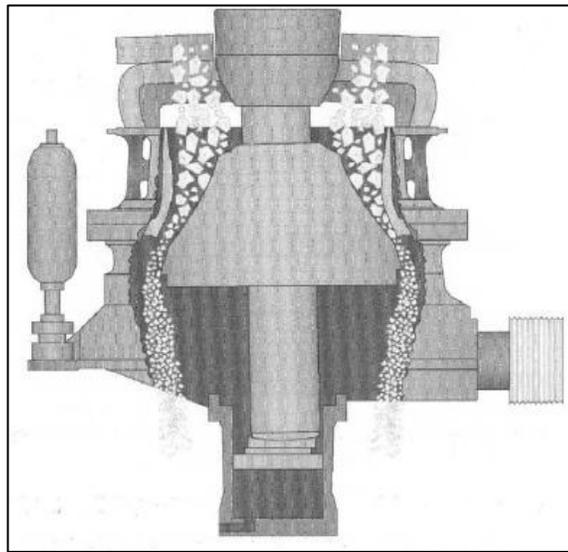


Figura N° 27. Esquema alimentación y evacuación de una trituradora giratoria de cono.
Tomado de: Fueyo, (1999).

Revestimiento de la trituradora giratoria. (Fueyo, 1999)

Los revestimientos, tanto de los trituradores giratorios como de los trituradores de cono, están fabricados generalmente en acero al manganeso Hadfield. Este acero, con una proporción de manganeso del 12 % al 14 %, denominado austenítico, se caracteriza por su gran resistencia al desgaste y por su alta tenacidad.

Aunque este acero es el que ha dado los resultados más satisfactorios hasta hoy en día, se sigue investigando en otras aleaciones como, por ejemplo, de cromo, molibdeno, entre otros, e incluso con manganeso pero con otras proporciones. Estas aleaciones son 12-14 % Mn+Cr, 12-14 % Mn+Cr+Mo y 16-18 % Mn+Cr.

Las investigaciones han demostrado que si la proporción de manganeso disminuye por debajo del 12 % la aleación se vuelve muy blanda y aguanta poco el desgaste, mientras que si se aumenta la proporción del 14% incrementa considerablemente su resistencia al desgaste pero se vuelve poco tenaz rompiéndose con facilidad.

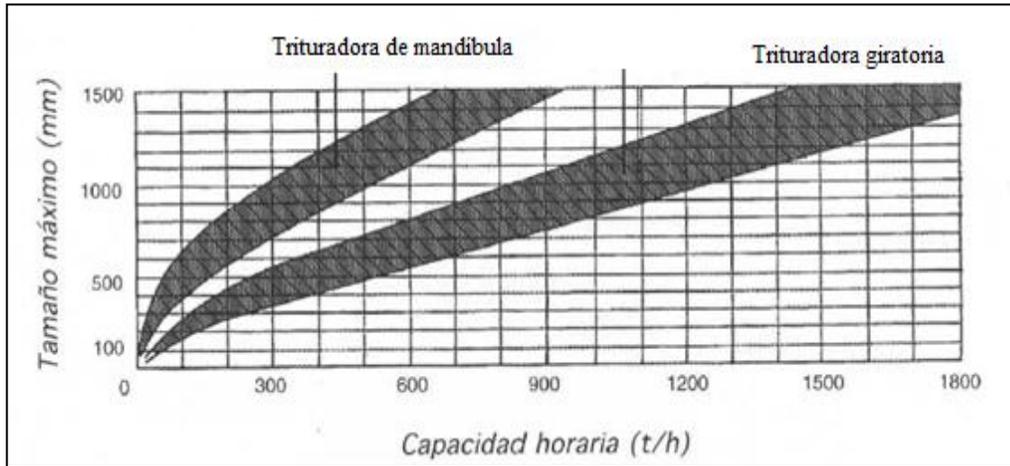
Por encima del 14 % el acero se debe utilizar en masa para evitar su rotura siendo muy utilizado en molinos impactadores.

Los giratorios tienen el eje troncocónico central fabricado en acero al manganeso 12-14 % de una sola pieza y la cámara de trituración está formada por un mosaico de placas de acero con la misma proporción de manganeso formando una única pieza.

4.1.2 Comparación de la trituradora giratoria de cono con la trituradora de mandíbulas. (Fueyo, 1999)

Entre trituradora de mandíbulas y trituradoras giratoria primario se puede decir que su modo operativo es el mismo y, por lo tanto, sus rendimientos mecánicos sensiblemente equivalentes. Pero si se habla de diferencias, estas radican en las dimensiones máximas de admisión y en la capacidad de producción. Como puede observarse en la imagen a continuación, a partir de producciones superiores a 800-1000 t/h pueden utilizar trituradores giratorios, mientras que para producciones

inferiores puede elegirse entre los dos; pero a igual capacidad y producción, la trituradora de mandíbulas puede absorber elementos mayores.



Para los efectos de este trabajo de investigación se selecciona a la trituradora de mandíbulas como equipo primario, ya que el tamaño máximo de alimentación propuesto por Grupo Rocaura es de 600 mm con una producción de 179,35 t/h.

4.1.3 Cribas. (Fueyo, 1999)

El cribado es un proceso mecánico de clasificación dimensional de materiales de forma y dimensiones variadas, mediante la presentación de estos materiales sobre unas superficies con aberturas que dejan pasar los granos de dimensiones inferiores a las dimensiones de las aberturas, mientras que los granos de medidas superiores son retenidos y evacuados separadamente.

El objeto de los procesos de cribado es la separación de los fragmentos gruesos contenidos en el todo-uno con el fin de eliminarlos o para clasificarlos en distintas dimensiones comerciales. Esto permite aumentar la capacidad de los aparatos de trituración y evitar la re trituración.

a) Elección de las superficies de cribado

Los criterios de elección de una superficie de cribado se basan en los siguientes puntos:

- ❖ La solidez de la malla frente a las deformaciones, la resistencia al desgaste y la resistencia a las roturas por fatiga. Factores muy importantes a la hora de trabajar con materiales de gran tamaño y pesados. Las más resistentes son las parrillas, chapas perforadas y, por último, las mallas.
- ❖ La regularidad en las luces de mallas. Estas son más constantes en las chapas perforadas seguidas de las mallas y las menos constantes son las parrillas.
- ❖ El porcentaje de superficie útil de malla respecto a la superficie total. Estos valores son mayores en mallas de alambres (65 % al 75 %), y va disminuyendo en las chapas perforadas (30 % al 45 %) y las parrillas (10 % al 75 %).
- ❖ El porcentaje de colmatado o cegado debido a las obstrucciones causadas por la humedad, plasticidad, suciedad, etc. Son varios los mecanismos utilizados para disminuir este porcentaje: las rejillas de ranuras, parrillas de perfil divergente, varillas flotantes, mallas anticolmatado, bolas golpeando debajo de las mallas además de una serie de artificios mecánicos y térmicos instalados en las cribas.
- ❖ La resistencia a las obstrucciones por atascamiento de granos difíciles. Generalmente son mayores en las cribas con parrillas de barrotes y en las chapas perforadas con luces de malla cónicos.

Abertura admisible en cada tipo de cribado:

- ❖ 40 mm a 300 mm para parrillas fijas o de movimiento mecánico.
- ❖ 4 mm a 100 mm para chapas perforadas.
 - 0,10 mm a 40 mm para mallas de acero inoxidable.
 - 3 mm a 125 mm para mallas resortes.
- ❖ 0,038 mm a 0,100 mm para los tejidos de tela o nylon.
- ❖ 0,1 mm a 3 mm para rejillas de ranuras.
- ❖ 0,3 mm a 125 mm para superficie de goma y poliuretano.

b) Elección del tipo de criba en función del material a cribar

Para el cribado de materiales en seco, materiales que llegan directamente del todo-uno de tamaños gruesos se utilizan parrillas fijas, parilla mecánicas y cribas vibrantes. Cuando el material procede de una machacadora o molino, en cuyo caso los tamaños son más reducidos, se emplean cribas vibrantes y cribas de resonancia.

En el caso de las cribas, se dividen en horizontales e inclinadas, utilizándose las horizontales en aquellas zonas donde por problemas de altura no se puedan acoplar las inclinadas. Las cribas inclinadas realizan cribados más amplios que las horizontales (1mm a 250 mm frente a 1 mm a 80 mm o 100 mm horizontales).

En el caso de tamizados, se debe elegir entre tamices planos de movimientos giratorios y tamices vibrantes eléctricos o electromagnéticos.

c) Tipos de cribas

A continuación se describirán las cribas que trabajan por vía seca.

- Cribas Estáticas

No son corrientemente usadas, pero en algunas aplicaciones su uso es común, entre ellas se mencionan las siguientes:

- ❖ Parrillas planas inclinadas: Esta constituidas por cribas de acero de sección rectangular o trapezoidal dispuestas en sentido de la pendiente, son utilizadas sobre las tolvas de recepción del todo-uno y así evitar obstrucciones. Poseen grosores muy elevados y su resistencia es alta para soportar el todo-uno procedente de la descarga directa de los camiones. La separación de los barrotes va en función del tamaño de la tolva y puede estar entre los 25 mm y los 250 mm. El acuñaamiento en las parrillas de la tolva de recepción es recomendable a utilización de martillos hidráulicos que ayudan a la reducción de tamaño del material que se atasca.

- Cribas Mecánicas

Son las utilizadas en las explotaciones de áridos y minerales, existen muchos tipos a continuación se describen algunas de ellas.

- ❖ Precribadores de barras móviles: Están compuestos por dos juegos de barras longitudinales alternadas, en los cuales las extremidades se encuentran sobre unos soportes movidos por vibradores de amplitud variable que les proporcionan un movimiento unidireccional y el otro extremo oscila libremente. Con este mecanismo las barras pares se elevan y las barras impares realizan el movimiento inverso, figura N° 28.

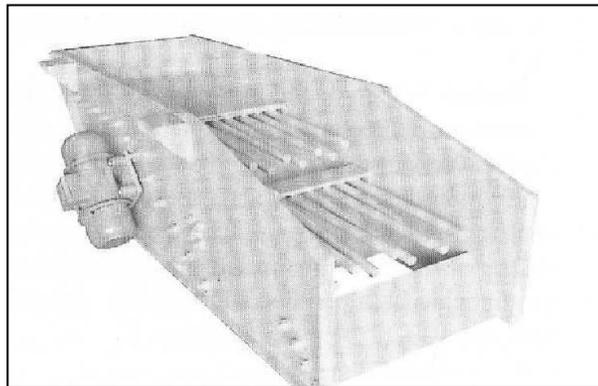


Figura N° 28. Precribador de barras móviles en cascada. Tomado de: Fueyo, (1999).

- ❖ Precribadores de rodillos elípticos: Está formado por rodillos de sección elíptica estriados fabricados en acero resistente al desgaste al cual estará sometido y pueden tener de 1000 mm a 2500 mm de ancho. Se encuentran dispuestos según una pendiente de 10° a 20° y accionados todos en el mismo sentido, con la misma velocidad y sincronización de forma que dos rodillos, figura N° 29. Sucesivos engranan en cierto modo el uno sobre el otro, manteniendo entre ellos unos intervalos constantes. Suele ubicarse entre los rodillos unos peines que permitan limpiar las rocas incrustadas. Su producción puede variar entre las 100 t/h y las 1500 t/h de material.

No son recomendados para materiales duros y abrasivos y se utilizan por lo general en materiales pegajosos de todo tipo de tamaños con mucha presencia de arcilla.

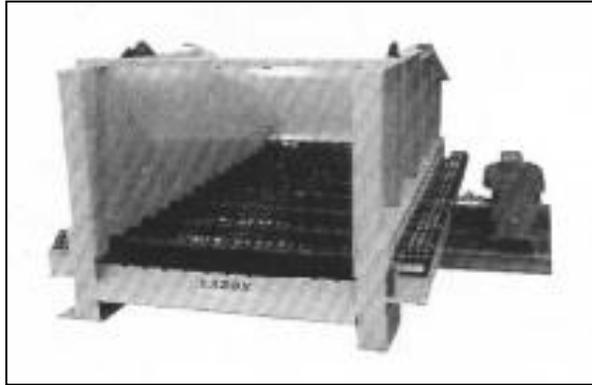


Figura N° 29. Precribador de rodillos elípticos. Tomado de: Fueyo, (1999).

- ❖ Precribadores de discos: están compuesto por un eje de acero sobre el que van colocados los discos destinados a realizar el trabajo de separación. La separación de los dientes varía entre los 50 mm y 120 mm y su diámetro está entre los 750 mm y los 2000 mm. Por su gran tamaño se aconseja colocarlos delante de las trituradoras primarias, además se pueden emplear con productos húmedos y pegajosos, figura N° 30.

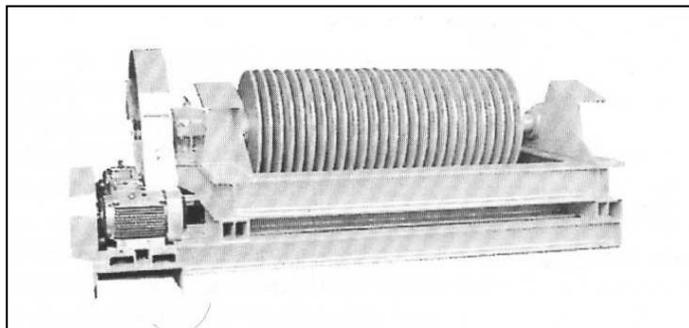


Figura N° 30. Precribadores de discos sin tolva de alimentación colocada. Tomado de: Fueyo, (1999).

- ❖ Precribadores vibrantes: especialmente diseñados para el precribado y la alimentación de trituradoras primarias, están compuestos por una estructura soporte que monta dos o más series de superficies cribantes formadas por barras que pueden ser situadas unas sobre otras como en una criba normal o dispuesta en cascada, figura N° 31.

Las barras de superficies cribantes, con separaciones de 50 mm y los 150 mm, están fabricadas en acero al manganeso.

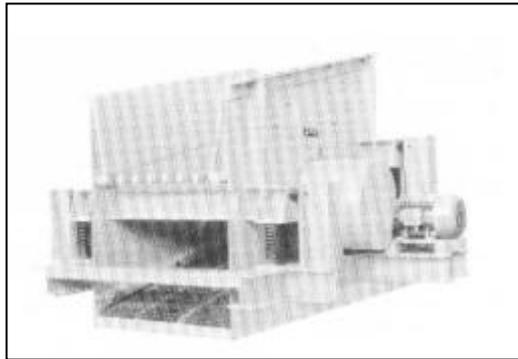


Figura N° 31. Precribador vibrante en cascada. Tomado de: Fueyo, (1999).

- **Cribas Vibrantes**

- ❖ Cribas de probabilidades: desarrolladas por Mogensen (1999) están constituidas por varias bandejas (1-6, habitualmente 5) superpuestas con inclinaciones crecientes de la superior a la inferior (la inferior tiene una inclinación aproximadamente de 45 %) y con luces de mallas decrecientes también de la bandeja superior a la inferior. Las luces de la mallas de la bandeja puede ser entre 2 y 10 veces el tamaño de separación que se pretende, ver figura N° 32.

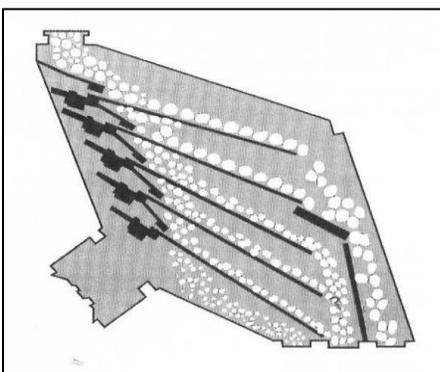


Figura N° 32. Grafico de criba Morgensen. Tomado de: Fueyo, (1999).

- ❖ Cribas vibrantes de movimiento circular: están formadas por una armadura rígida de inclinación variable, que puede ser entre los 14° a 24° dependiendo del material a cribar, que se apoya sobre un sistema de muelles helicoidales y está equipada con una o varias bandejas superpuestas. Existen dos modalidades las cribas vibrantes de excentricidad fija o forzadas y las cribas vibrantes de excentricidad libre, ambas tiene una amplitud de vibración comprendida entre 2 mm y 15 mm. Son las más utilizadas en la explotación de áridos y minerales, figura N° 33.

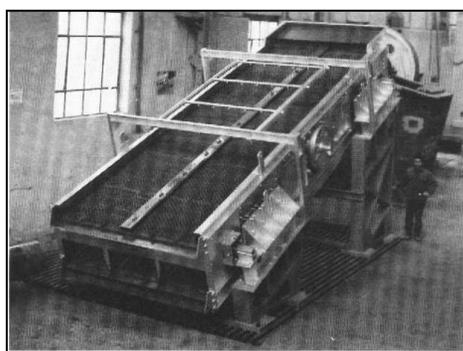


Figura N° 33. Criba vibrante de excentricidad. Tomado de: Fueyo, (1999).

- ❖ Cribas vibrantes horizontales o ligeramente inclinadas: su campo de aplicación es el lavado, escurrido y clasificación de materiales como el carbón, minerales, piedras, entre otros, donde la altura este limitada, son muy utilizadas en las

instalaciones móviles de cribado. Las vibraciones de la criba se producen mediante dos ejes excéntricos girando en sentidos opuestos accionados bien por dos motores independientes sincronizados o por un solo motor que acciona los dos ejes, estando conectados ambos entre sí por un sistema de engranajes helicoidales , figura N° 34.



Figura N° 34. Criba vibrante horizontal de dos bandejas. Tomado de: Fueyo, (1999).

- **Cribas de resonancia**

Posee únicamente dos bandejas, en las cuales el movimiento sinusoidal es remplazado por un movimiento más entrecortado y brusco, este movimiento se obtiene dejando la masa de la criba, soportada o suspendida, saltar o rebotar libremente entre dos sistemas elásticos fijos. De contextura robusta pero con un menor consumo de energía, su gran ventaja es la baja medida exterior en cuanto a su altura y su posibilidad de repartir sobre una longitud grande las diversas categorías cribadas, figura N° 35.

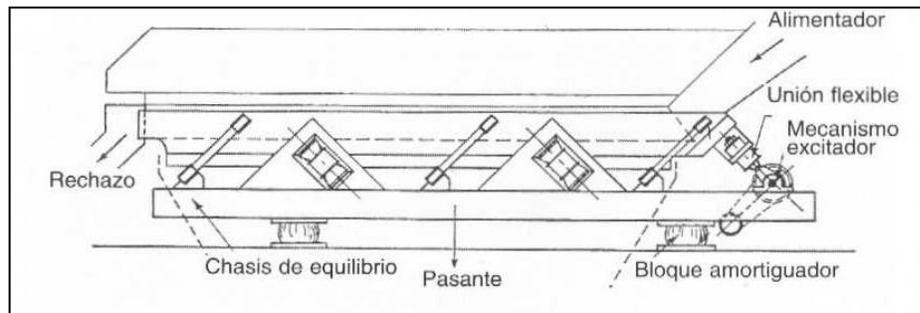


Figura N° 35. Grafica de una criba de resonancia. Tomado de: Fueyo, (1999).

CAPÍTULO V
MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se presentará la metodología utilizada para la realización de este trabajo especial de grado, en el cual se explican las ecuaciones utilizadas para la obtención de los resultados, además de las consideraciones legales empleadas.

5.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se caracteriza por ser no experimental del tipo correlacional, ya que se elaborará un proyecto de ingeniería conceptual en el cual se analizará el mejor método de explotación a cielo abierto aplicable, considerando las características topográficas que presenta la zona. Además, se realizará la recomendación de los equipos de producción y los de beneficio mineral asimismo orden de magnitud de costos para el estudio.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio en esta investigación estará representada por la parte norte del cerro La Danta, ubicada en el estado Bolívar y la muestra es la poligonal del Grupo Rocaura con una extensión aproximadamente de 15,10 hectáreas en el municipio Caroní, específicamente en las coordenadas geográficas: vértice superior 527.291 E 922.610 y vértice inferior 525.503 E 920.805.

5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos para la recopilación, análisis de datos y diseño del método de explotación a cielo abierto de ingeniería conceptual se dividen en:

5.3.1 Técnicas

Fase de oficina

- ❖ Recopilación de información sobre la geología local del cerro La Danta, ya que no se cuenta con información geológica se investigaran los trabajos previos para conocer la composición del macizo rocoso.
- ❖ Investigación acerca de trabajos previos referentes a la explotación de charnockita, esto con la finalidad de conocer el método de explotación,

dimensiones geométricas, especificaciones de los equipos de operaciones y beneficio mineral, para así realizar correlaciones lógicas en base a trabajos previos.

- ❖ Diseño del método de explotación a cielo abierto, se utilizarán referentes bibliográficos e información de trabajos similares; donde los criterios empleados serán: características del material a explotar y factores técnicos de los equipos.
- ❖ Selección de equipos de producción de mina, basado en los valores: producción diaria requerida, capacidad nominal requerida de cucharón, días trabajados/año, horas efectivas de trabajo, eficiencia, número de ciclos/hora, estos serán suministrados por la bibliografía existente, manual del fabricante de los equipos, además de información de explotaciones similares.
- ❖ Elección de los equipos necesarios para la planta de beneficio mineral, basado en los criterios: dureza, compresión y resistencia del material a explotar, además de las dimensiones requerida para los productos finales.
- ❖ Orden de magnitud de costos para la cantera de explotación de roca charnockita, utilizando el método del índice de facturación.

5.3.2 Instrumentos

- ❖ Equipo de computación, para la elaboración del presente trabajo.
- ❖ Hoja de cálculo, con el objeto de realizar los cálculos y gráficos correspondientes de esta investigación.
- ❖ Registros climatológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica (INAMEH), con la finalidad de realizar los gráficos de la temperatura media, precipitación, velocidad media y nubosidad media.
- ❖ Programa de diseño y dibujo asistido por computadora, a partir de los planos topográficos de la poligonal del Grupo Rocaura se elaborará la propuesta de la fosa final.

5.4 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para la selección de los equipos se deben tener en cuenta los siguientes criterios técnicos:

5.4.1 Selección de equipos

Grupo Rocaura delimito una poligonal de aproximadamente 15,10 hectáreas donde esperan que se les otorgue una concesión para la explotación de roca charnockita, por lo tanto esta futura producción y diseño de mina depende netamente de la correcta escogencia de los equipos de operaciones, actualmente en el mercado se encuentra una gran diversidad en cuanto a los equipos de carga, acarreo y auxiliares, consecuentemente se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

a) Producción horaria

Se considera la producción horaria a partir de: la producción anual requerida, los días trabajados, las horas laborables y la eficiencia, tabla N° 4, dichos cálculos se desarrollaran más adelante en el capítulo VI que tiene como nombre exposición de resultados, por los momentos la producción horaria que se requiere se determinará mediante la aplicación de la ecuación N° 1 (Solanilla, 2003).

$$Q = ql * k * N * E$$

Ecuación (1)

Producción diaria requerida ¹	706,39 m3	
Producción anual requerida ²	203.439,60 m3	
Días trabajados/año	±288 días	
Turno/día	8 horas	
Horas de efectivas de trabajo	±6,50 horas	
Capacidad de colmada ³	ql	1,50 m3
Factor del cucharón ⁴	k	105%
N° ciclos/ hora ⁵	92	
Eficiencia ⁶	E	75%

Tabla N° 4. Producción horaria. Elaboración propia.

¹ Determinada por Grupo Rocaura.

² Determinada por Grupo Rocaura.

³ Solanilla, 2003.

⁴ Manual del fabricante del equipo de carga.

⁵ Solanilla, 2003.

⁶ Solanilla, 2003.

b) Equipos requeridos

Dependiendo de la producción requerida para esta mina se considera de pequeña a mediana ya que se estiman $\pm 108,70$ m³/h, por lo tanto los equipos de carga y acarreo deben adaptarse a esta necesidad.

❖ Número de ciclos por hora

Este valor determinará cuantos ciclos se pueden realizar en el periodo de tiempo de una hora y se establecerá a partir de la eficiencia además del tiempo de ciclo total, estos datos provienen de explotaciones similares.

❖ Número de pases para el camión

Se requiere conocer el número de pases requeridos para llenar el volumen de la tolva del camión, este parámetro establece de tres (3) a seis (6) pases.

$$\text{N}^\circ \text{ pases (m}^3\text{)} = ql * k [3 \dots 6] \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

ql: capacidad colmada.

k: factor del cucharón.

❖ Tonelaje de material por ciclo (Solanilla, 2003).

$$\text{Ton de Mat/ciclo} = \text{Cap.de balde} * \% \text{Factor de llenado} * \text{densidad del material} * \text{N}^\circ \text{ pases} \quad \text{Ecuación (3)}$$

❖ Cantidad de equipos de acarreo

A partir de la producción horaria requerida además del número de ciclos por hora y tonelaje de material transportado por ciclo, se determinará la cantidad de equipos de acarreo necesarios para el movimiento del material (Escalante, 2011).

$$\text{N}^\circ \text{ de equipos} = \frac{\text{Producción horaria (Ton/Hora)}}{\text{N}^\circ \text{ ciclos/hora} * \text{Tonelada de material /ciclo}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

c) Perforación y voladura

El diseño de la voladura depende de varios factores, incluyendo la geometría deseada, además de las propiedades de los explosivos y accesorios de voladura.

❖ Piedra máxima

Varía directamente con el tipo de roca y geología del macizo, y es la variable geométrica más crítica en el diseño de la voladura. (Langefors, 1963).

$$B_{\max} = \frac{D}{33} * \sqrt{\frac{Pc * PRP}{c * f * S/B}}$$

Ecuación (5)

Donde:

D: diámetro

c: constante de la roca

f: factor de fijación, f(1:1): barrenos verticales

❖ Espaciamiento

Los mejores resultados se obtienen con mallas rectangulares tres bolillos con espaciamiento de barrenos entre 1,20 a 1,6 veces la piedra. (IGME, 1994).

$$S=1,25*B_{\max}$$

Ecuación (6)

❖ Sobreperforación

Suele calcularse a partir del diámetro de los barrenos, cuando se perforan barrenos verticales, la sobreperforación de la primera fila alcanza valores de 10-12 diámetro. (IGME, 1994).

$$Sp=0,30*B_{\max}$$

Ecuación (7)

❖ Retacado

Depende del tipo de roca y diámetro del barreno. (IGME, 1994).

$$T=0,80*B_{\max}$$

Ecuación (8)

❖ Longitud del barreno

Depende de la altura del banco y de la sobreperforación. (IGME, 1994).

$$L=H+Sp$$

Ecuación (9)

5.4.2 Método de explotación

En el pasado para seleccionar el método de explotación se realizaban comparaciones históricas dependiendo de la mena a explotar, condiciones geológicas y topográficas, en nuestros días es muy distinto ya que fundamenta en estudios técnicos, y de allí se condicionarán los futuros resultados económicos.

Por lo tanto al momento de definir el método de explotación de debe considerar, (Cisneros, 2003, p. 10):

- a) Factores geológicos: tamaño, forma, inclinación, límites de mineralización, contenido mineral útil, estabilidad de la roca.
- b) Factores técnicos del equipo: perforación de rocas, carga explosivos y voladura, carga y transporte, trituración.
- c) Factores económicos: reservas minerales, costos de explotación, pérdidas de mineral, dilución del contenido útil, financiamiento de la operación, personal calificado, disponibilidad de equipos.
- d) Factores locales o regionales: situación geográfica, condiciones climatológicas.
- e) Factores ambientales: espesor suelo vegetal, ubicación de escombreras, protección-afectación del entorno, participación comunitaria.

Para los efectos de este estudio conceptual solo se cuenta con parte de la topografía de la poligonal del Grupo Rocaura, así que para la determinación del método de explotación se realizara en base a explotaciones similares.

5.4.3 Procesamiento mineral para el tratamiento de la charnockita

Debido a la dureza de la roca charnockita se debe emplear el uso de métodos de reducción mecánica para así alcanzar la granulometría requerida, para su posterior comercialización.

Los parámetros que permitirán realizar la propuesta de los equipos a ser empleados en la planta de beneficio mineral, serán los siguientes: dureza, resistencia, compresión, dimensiones de productos requeridos, entre otros.

En el capítulo V se describe el análisis de las operaciones encargadas de la trituración, además de los principales equipos cuyos mecanismos de fractura serán por compresión.

5.5 CONSIDERACIONES LEGALES

La actividad minera se rige por lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV), tratados internacionales, leyes orgánicas, leyes ordinarias, decretos, leyes, decretos legislativos, decretos supremos, entre otros decretadas en el territorio nacional.

Existe entre las mismas una división en cuanto a la prioridad de unas con respecto a otras, para entender de mejor manera lo planteado anteriormente se recurre a la pirámide de Kelsen, la cual establece la jerarquía de las normas jurídicas, es decir; un orden de mando entre ellas.

Para la aplicación de la pirámide Kelsiana al ordenamiento jurídico en Venezuela se pueden mencionar tres niveles los cuales son: el fundamental, legal y sublegal, ver anexo N° 1.

Nivel fundamental

Consta de la C RBV, que es la cristalización del acto constituyente, en este nivel se pueden destacar tres partes trascendentales, el preámbulo que se refiere a los principios que rigen la constitución, la dogmática que se refiere a la forma del Estado y los regímenes de los derechos, deberes y las garantías constitucionales y la orgánica que establece la organización del Estado, poderes públicos, los entes que los

representan, la función de esos órganos, protección de la constitución y modalidades para su reforma.

En este nivel es importante señalar que se encuentran los tratados internacionales en materia de derechos humanos, puesto que ellos a través del artículo 23 de la CRBV adquieren rango constitucional.

Nivel legal

Se ubica lo que se conoce como leyes formales, entre las cuales están, las leyes orgánicas, que según lo dictamina la CRBV en su artículo 203 y la sentencia de la sala constitucional del tribunal supremo de justicia, se dictan para organizar los poderes públicos o para desarrollar los derechos constitucionales y las que sirvan de marco normativo a otras leyes, tratados internacionales, códigos, constituciones estatales, ordenanzas municipales.

Nivel sublegal

Son todas aquellas normas jurídicas que no tienen el rango de una ley formal como son reglamentos, decretos ejecutivos, acuerdos, actos administrativos de efecto particular.

Para culminar es importante señalar que en este nivel no se puede reglamentar ningún hecho que contravenga al nivel legal.

5.5.1 Leyes, reglamentos y decretos actuales

Entre los principales se pueden mencionar los siguientes:

- ❖ Ley Orgánica del Ambiente en gaceta oficial N° 31.004 del 16 de junio de 1976 informa que toda actividad susceptible a degradar el ambiente queda sometida al control del Ejecutivo Nacional, además establece que los infractores a las disposiciones serán sancionados con multas, medidas de seguridad o con penas privativas de la libertad también se puede ejercer medidas tales como cierre temporal, cierre definitivo, modificación o demolición de estructuras, entre otros.

- ❖ Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT) en gaceta oficial N° 38.236 del 26 de julio de 2005 el cual dictamina que el objeto de la misma es establecer las instituciones, normas y lineamientos de las políticas, y los órganos y entes que permitan garantizar a los trabajadores y trabajadoras, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales, mediante la promoción del trabajo seguro y saludable, la prevención de los accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales, la reparación integral del daño sufrido y la promoción e incentivo al desarrollo de programas para la recreación, utilización del tiempo libre, descanso y turismo social.

- ❖ Ley Penal del Ambiente en gaceta oficial N° 39.913 del 02 de mayo de 2012, surge por mandato de la Ley Orgánica del Ambiente, a fin de garantizar la participación de los bienes jurídicos tutelados por dicha ley y tipifica como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente conservación, defensa y mejoramiento del ambiente.

- ❖ Los principales delitos contemplados son: daños a las aguas, daños de la salud, fauna y flora marinas y desarrollo turístico, daños a los suelos, topografía y paisaje, alteraciones de la atmósfera o el aire, daños a la flora, la fauna, transformación y mezclas de desechos tóxicos y peligrosos que contaminen el ambiente, entre otros.

- ❖ Reglamento General de la Ley de Minas, en gaceta oficial N° 37.155 con fecha del 9 de marzo de 2001, el cual indica que tiene por objeto desarrollar y sujetar, su actividad a las disposiciones contenidas en la ley de minas, su reglamento, las normas que conforme a ello dicte el ejecutivo nacional, a las

demás disposiciones legales que le sean aplicables y a los principios científicos y técnicos referentes a la minería.

- ❖ Decreto con rango y fuerza de Ley de Minas, N° 295 de fecha 28 de septiembre de 1999, el cual señala que tiene por objeto regular lo referente a las minas y a los minerales existentes en el territorio nacional, cualquiera que sea su origen o presentación, incluida su exploración y explotación, así como el beneficio, almacenamiento, tenencia, circulación, transporte y comercialización, interna o externa, de las sustancias extraídas salvo lo dispuesto en otras leyes.

- ❖ Decreto N° 1.257, Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el medio ambiente del 13 de marzo de 1996 el cual comunica que tiene por objeto establecer los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente.

- ❖ Decreto N° 638, Normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica del 26 de abril de 1995 el cual señala que tiene por objeto establecer las normas para el mejoramiento de la calidad del aire y la prevención y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas y móviles capaces de generar emisiones gaseosas y partículas.

- ❖ Decreto N° 883, Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos del 11 de octubre de 1995 el el cual indica que tiene por objeto establecer las normas para el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos.

CAPÍTULO VI
EXPOSICIÓN DE RESULTADOS

En el actual capítulo, se presentan todos los resultados obtenidos mediante cálculos, aproximaciones lógicas y consideraciones de criterios a partir de proyectos similares contempladas para este trabajo, en la etapa de ingeniería conceptual propuesta para el cerro La Danta.

6.1 PRODUCCIÓN ESTIMADA

Se cuenta con dos valores aproximados para las reservas probables del yacimiento de charnockitas, estos fueron calculados mediante estudios previos realizados en la zona y oscilan entre 4.989.600 m³-5.149.969 m³. La demanda requerida por la planta de tratamiento esta comprendida entre 90,91 m³/hora-121,21 m³/hora, por lo tanto, se ha estimado una producción anual de ±203.439,60 m³/año a razón de ±16.953,30 m³/mes, lo cual le da una vida útil a la cantera de aproximadamente 25 años, con los datos operacionales presentados en la tabla N° 5.

Datos operacionales	
Material	Gneis félsico/Charnockita
Densidad (b) ton/m ³	2,65
Densidad (s) ton/m ³	1,65
Días/año	±288
Meses/año	12
Promedio de días/mes	±24
Turnos/día	1
Horas/turno	8
Horas efectivas	±6,50
Turnos/mes	±24
Producción/hora (m ³)	±108,70
Producción/turno (m ³)	±706,39

Tabla N° 5. Datos operacionales.

6.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE MAQUINARIA DE CARGA Y ACARREO

La selección de equipos mineros es uno de los factores de mayor importancia en el diseño y explotación de minas, consecuentemente para la producción estimada se ha

propuesto un cargador frontal con una capacidad nominal requerida de cucharón de 1,50 m³, pudiendo ser el cargador frontal *Liebherr L514 Stereo* o uno similar; y con respecto al equipo de acarreo un camión articulado con una capacidad de carga de 15 t, sin embargo ya que en el mercado no son habituales camiones con esas especificaciones por lo tanto, se sugiere el *Caterpillar (CAT) 725* o afín, en las tablas 6 y 7 se muestran los datos y resultados relacionados con la combinación para la carga y acarreo.

Datos y resultados para la determinación de la maquinaria de carga	
Producción requerida (m ³ /h)	±108,70
Factor del cucharón (<i>Liebherr Manual de fabricante, 2013</i>) ⁷	105%
Factor de eficiencia operacional (Promedio, Solanilla, 2003)	75%
Tiempo de ciclo en segundos (Solanilla, 2003)	36
Ciclos/hora (Solanilla, 2003)	92
Producción por ciclo (m ³)	±1,57
Capacidad nominal requerida de cucharón (m ³)	1,50
Número de cargadores frontales requeridos	±2,00

Tabla N° 6. Datos y resultados para la determinación de la maquinaria de carga.

Datos y resultados para la determinación de la maquinaria de acarreo	
Capacidad de carga (t)	±23,60
Número de pases reales	±6,00
Tiempo estimado de viaje (minutos)	±15
Número de viajes/hora	±4,00
Producción del camión (t/h)	±59,40
Número de camiones requerido	±3,00

Tabla N° 7. Datos y resultados para la determinación de la maquinaria de acarreo.

6.2.1 Selección de equipos auxiliares

Las actividades auxiliares son las responsables de brindar el soporte para la realización de las operaciones básicas, es decir, forman parte indirecta del proceso aunque son esenciales para permitir la explotación minera de un modo eficiente.

Por consiguiente, para cumplir con el mantenimiento de las vías se ha sugerido al tractor de cadena con un ancho de hoja de 2,92 m proponiendo así al CAT D5K o

⁷ Sujeto a la marca escogida.

similar y la motoniveladora con una profundidad máxima de corte de 0,71 m proponiendo al CAT 120M o equivalente, en las tablas 8 y 9 se muestran los datos relacionados con estos equipos.

Datos para la determinación del tractor de cadena	
Factor de eficiencia operacional (Buenas, Solanilla, 2003)	83%
Ancho de la hoja-Intermedio ⁸	2,92 m
Altura de la hoja-Intermedia ⁹	1 m
Capacidad de la hoja Intermedia ¹⁰	2,08 m ³
Número de tractores requeridos	±1,00

Tabla N° 8. Datos para la determinación del tractor de cadena (Cat D5K).

Datos para la determinación de la motoniveladora	
Factor de eficiencia operacional (Buenas, Solanilla, 2003)	83%
Ángulo máximo de posición de la hoja ¹¹	90°
Gama de la punta de la hoja: avance ¹²	40°
Gama de la punta de la hoja: hacia atrás ¹³	5°
Levantamiento máximo sobre el suelo ¹⁴	0,42 m
Profundidad máxima de corte ¹⁵	0,71 m
Número de tractores requeridos	±1,00

Tabla N° 9. Datos para la determinación de la motoniveladora (Cat 120M).

6.3 GEOMETRÍA DE LA EXPLOTACIÓN

La elección del método de explotación de un yacimiento depende principalmente de una decisión económica y ambiental, considerando las inversiones, costos y beneficios del proyecto a explotar, los cuales están relacionados con los factores propios del yacimiento, además, la mina o fosa se va construyendo en avances sucesivos laterales y en profundidad. La profundización requiere ir expandiendo, lateralmente, para mantener la seguridad de las paredes. La estabilidad de los taludes es muy importante, ya que de eso dependerá la seguridad de las operaciones.

^{8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15} Sujeto a la marca escogida.

Cabe destacar que para la construcción de accesos y rampas, se debe considerar que se realizaran varias actividades en un mismo sector de forma simultánea y continua, como por ejemplo, tránsito de vehículos, equipos cargando, equipos operando, entre otros. (Portal Minero S.A, 2006, p. 3)

Por lo mencionado anteriormente, se determinó la siguiente geometría de explotación, ver tabla N° 10 y figura N° 36.

Geometría de explotación	
Altura de banco	±10-12 m
Ancho operativo	11-13 m ¹⁶
Ángulo de fosa	±31° ¹⁷
Ángulo de corte de talud	±73°
Relación aproximada de corte	±3:1
Máxima pendiente de las rampas	≤10%

Tabla N° 10. Geometría de explotación, condicionado a la geología y a los equipos seleccionados.

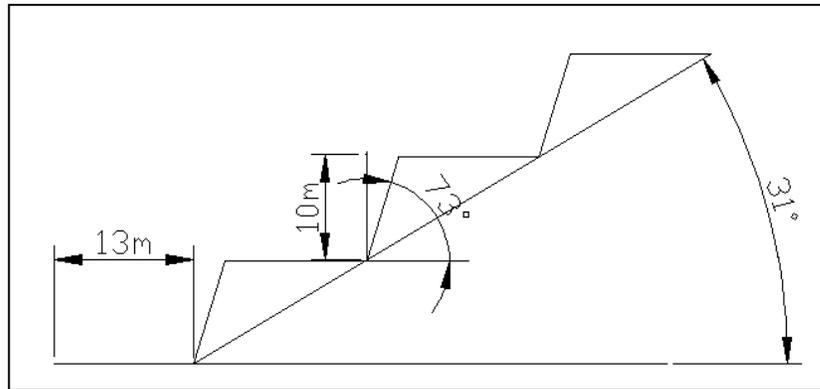


Figura N° 36. Ejemplo ilustrativo de la geometría para la explotación propuesta del cerro la Danta. Elaboración propia.

6.3.1 Diseño de la rampa

El diseño de la rampa depende de la dimensiones de los equipos de acarreo, además de las normas básicas de seguridad. Para el caso del cerro la Danta, se considera un ancho operativo de 11-13 metros, donde la zanja contará un ancho de 0,70 metros, la berma¹⁸ tiene un ancho de 1,00 metro y una altura de 1,10 metros, además la rampa conserva

¹⁶ Relativo a los anchos operativos necesarios de los equipos escogidos.

¹⁷ Ángulo de fosa y ángulo de corte del talud dependen del grado de certeza geológica.

¹⁸ Depende del equipo de acarreo seleccionado.

una inclinación lateral de 2° para que las aguas puedan escurrirse hasta la zanja, como se muestra en la figura N° 37.

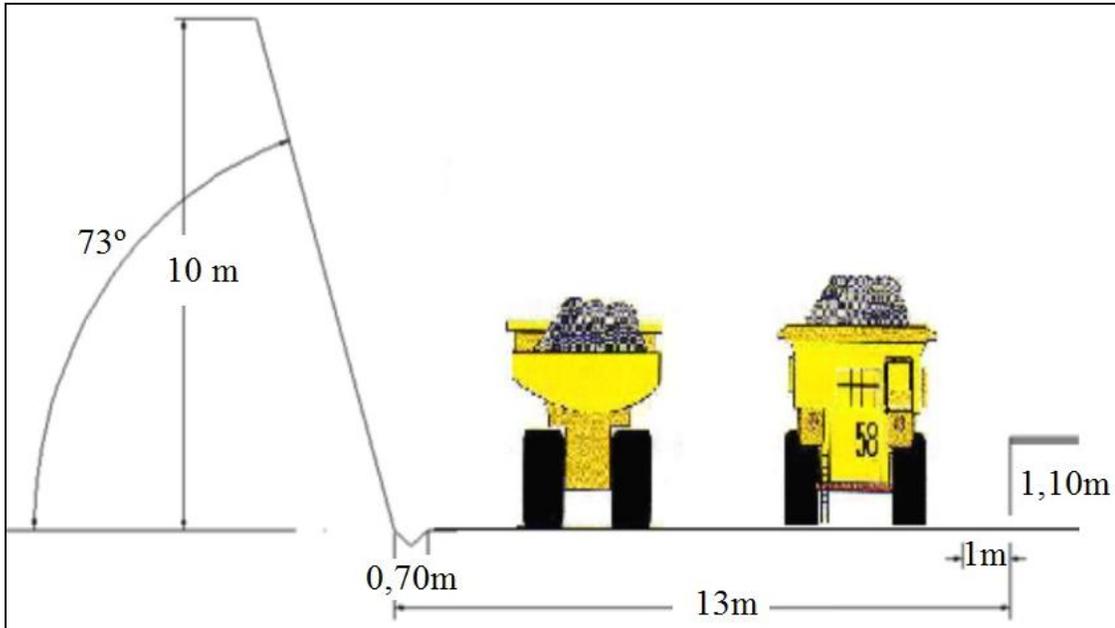


Figura N° 37. Ejemplo ilustrativo del diseño de la rampa propuesta para el cerro La Danta, Elaboración propia.

6.3.2 Propuesta de la fosa final

Luego de establecer la geometría de la explotación y considerando las variables topográficas y geométricas donde se situará la cantera en el cerro La Danta, se realizó la propuesta de la fosa final en donde se incorpora la ubicación relativa de las diversas instalaciones que requieren para esta explotaciones, para esto se consideró las vías de accesos más cercanas al lugar en cuestión, además de las dimensiones de los equipos. Obteniendo de esta manera que se explotaran dos (2) fosas la primera ubicada al oeste y la segunda al este.

Como solo se contaba con la información topográfica de la fosa número dos (2), se realizó el banqueo correspondiente, determinando que la cota más alta se sitúa a los 70 m y la inferior a -10 m, realizando de esta forma ocho (8) bancos de explotación según la geometría anteriormente propuesta; además se mantuvo una distancia de

aproximadamente 40 m de los linderos, para así mitigar las afectaciones en las zonas aledañas, figura N° 38 y 39.

Esta configuración se verá modificada debido al macizo rocoso, donde se recomienda hacer estudios más detallados ya que la zona de estudio presenta una compleja geología estructural.

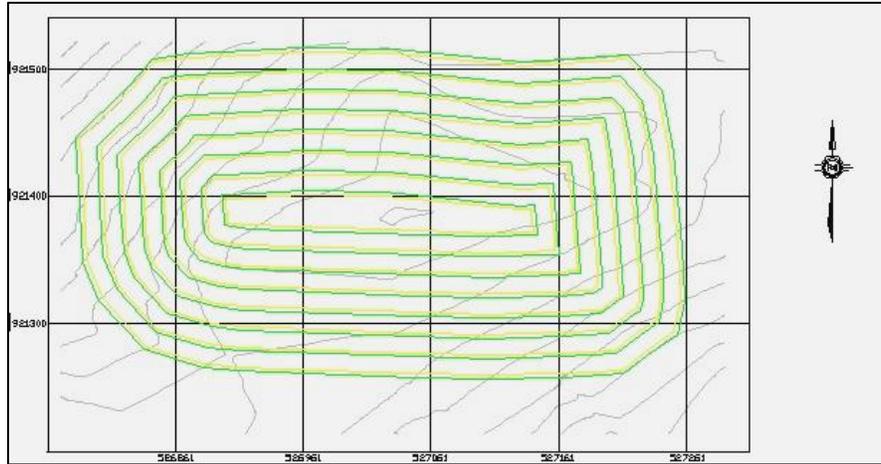


Figura N° 38. Diseño propuesto para la fosa número dos (2), sin información geológica. Elaboración propia.

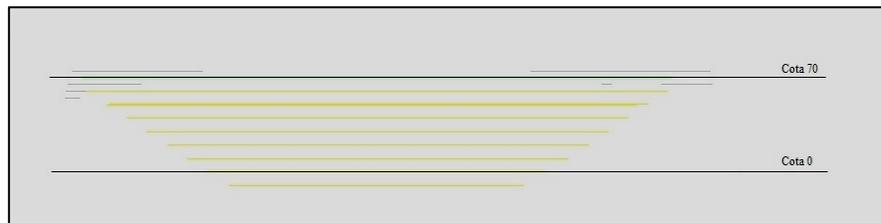


Figura N° 39. Vista de perfil del diseño propuesto para la fosa número dos (2), sin información geológica. Elaboración propia.

Con respecto a la ubicación relativa de las instalaciones, se dispuso de una zona para oficinas (a), taller mecánico (b), despacho (c) y por último la planta de beneficio mineral (d), como se observa en la figura N° 40.

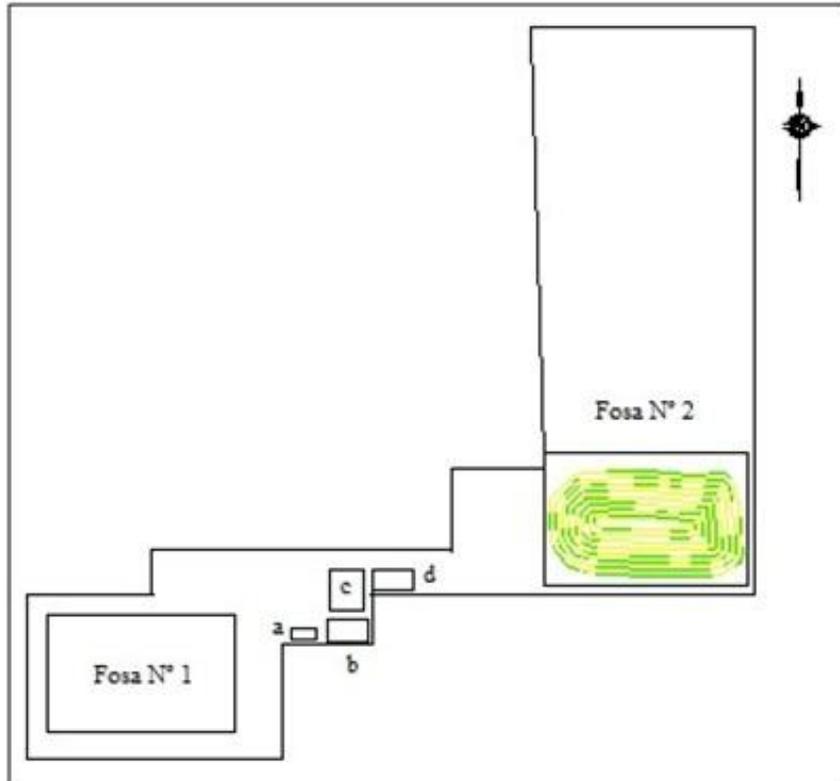


Figura N° 40. Diseño propuesto de la fosa final, sin información geológica. Elaboración propia.

6.4 DISEÑO DE PATRÓN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Los cálculos ejecutados para determinar los patrones de perforación y variables de voladuras están sujetos al requerimiento de una producción de $\pm 16.925,30 \text{ m}^3/\text{mes}$, estos se realizaron con base en formulas teóricas seleccionando el patrón de perforación de tres bolillos, eligiendo de esta manera una perforadora con un diámetro del barreno de 88, 90 mm pudiendo ser la perforadora neumática MW-5000 E *BOOM* o similar; todos estos valores serán modificados a partir de estudios más detallados de la geología, ya que la zona presenta diversas fallas, tabla N° 11.

Diseño de patrón de perforación y voladura		
f (1:1)	±1	
c (0,40 + 0,75)	±1,15	
S/B	±1,25	
RWS	±0,96	
H(m)	±10	
β	±0	
dp	±0	
RCS (Mpa)	±85	
Horas	8	
Horas efectivas	±6,50	
Rata de perforación (m/Hr)	±25	
Calculo de parámetros	Teórico	Práctico
Retiro aprox.(Bmax, Bpract)	2,55m	2,50m
Espaciamiento aprox. (S)	3,18m	3,00m
Sobreperforación aprox. (Sp)	0,76m	1,00m
Retacado aprox. (T)	2,04m	2,00m
Longitud del barreno aprox. (L)	10,76m	11,00m
Factor de carga (Kg/m ³) ¹⁹	0,58	
Factor de carga (Kcal/m ³) ²⁰	534,94	
Factor de carga (Kcal/gr) ²¹	0,000295	

Tabla N° 11. Diseño de patrón de perforación y voladura propuesto para el cerro La Danta. Elaboración propia.

6.5 BENEFICIO MINERAL

La producción, esta limitada entre otras variables, a la capacidad efectiva del sistema de trituración y clasificado de materiales de la planta. La cual, tiene como objetivo principal, la producción de agregados grueso para la construcción, y en segundo lugar agregados finos para la mezcla de asfalto, en este sentido, el material "todo en uno"

^{19, 20, 21,} Depende de los datos de los explosivos seleccionados.

procedente de los frentes de explotación, son triturados y clasificados según su tamaño para obtener los productos finales.

Consecuentemente, se estimó que el material debe poseer un tamaño máximo de entrada de 600 mm, el tipo de planta debe ser fija, ya que se minimizan los costos en un aproximado 30 % y los equipos a emplear deben ser un alimentador vibratorio, una trituradora de mandíbulas, un triturador de cono y por último una criba vibrante.

Considerando la entrada del material y con la finalidad de alcanzar los productos de salidas requeridos, se propone el siguiente diagrama de flujo donde: el material "todo en uno" ingresa al alimentador vibratorio, donde el material por encima de 630 mm ingresa a la trituradora de mandíbula, después de triturar el equipo primario. Los productos entran a la trituradora de cono hidráulico por la cinta transportadora número 1, posteriormente de estos se transportan a la criba vibrante por la cinta transportadora número 2 y los productos por encima a 1", vuelven a triturarse al cono por la cinta transportadora número 3. Por último los se obtienen los diferentes materiales de 0-1/2'', 1/2''-3/4'', 3/4''-1'' salen por las cintas transportadoras número 4, 5 y 6, figura N° 41.

Después de haber realizado la propuesta de los equipos de producción además de los de beneficio mineral, se elaboró el diagrama sugerido para el proceso de fabricación de agregados para el cerro La Danta, figura N° 42.

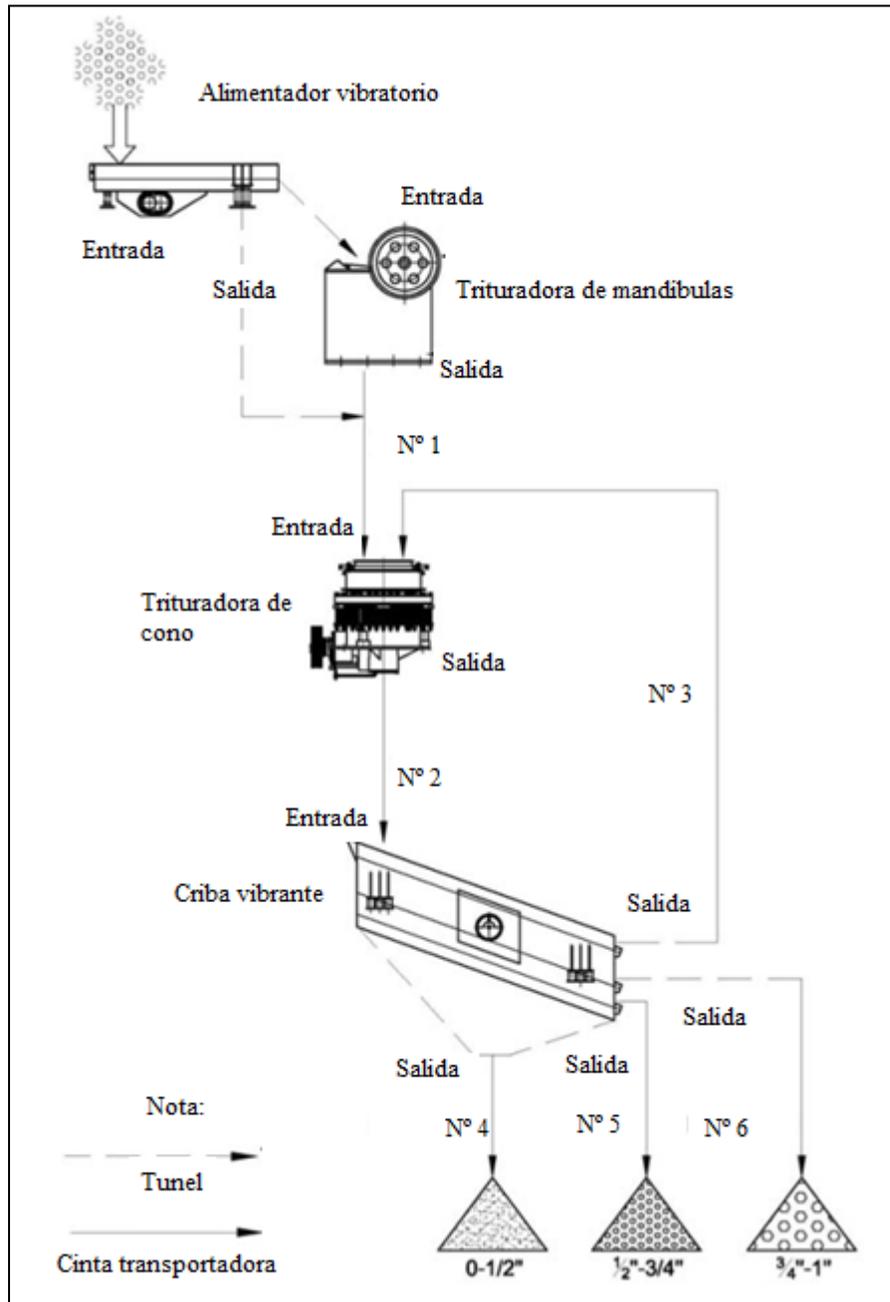


Figura N°41. Diagrama propuesto para el proceso de fabricación de agregados para el cerro La Danta. Tomado de *Liming Quotation* (2013).

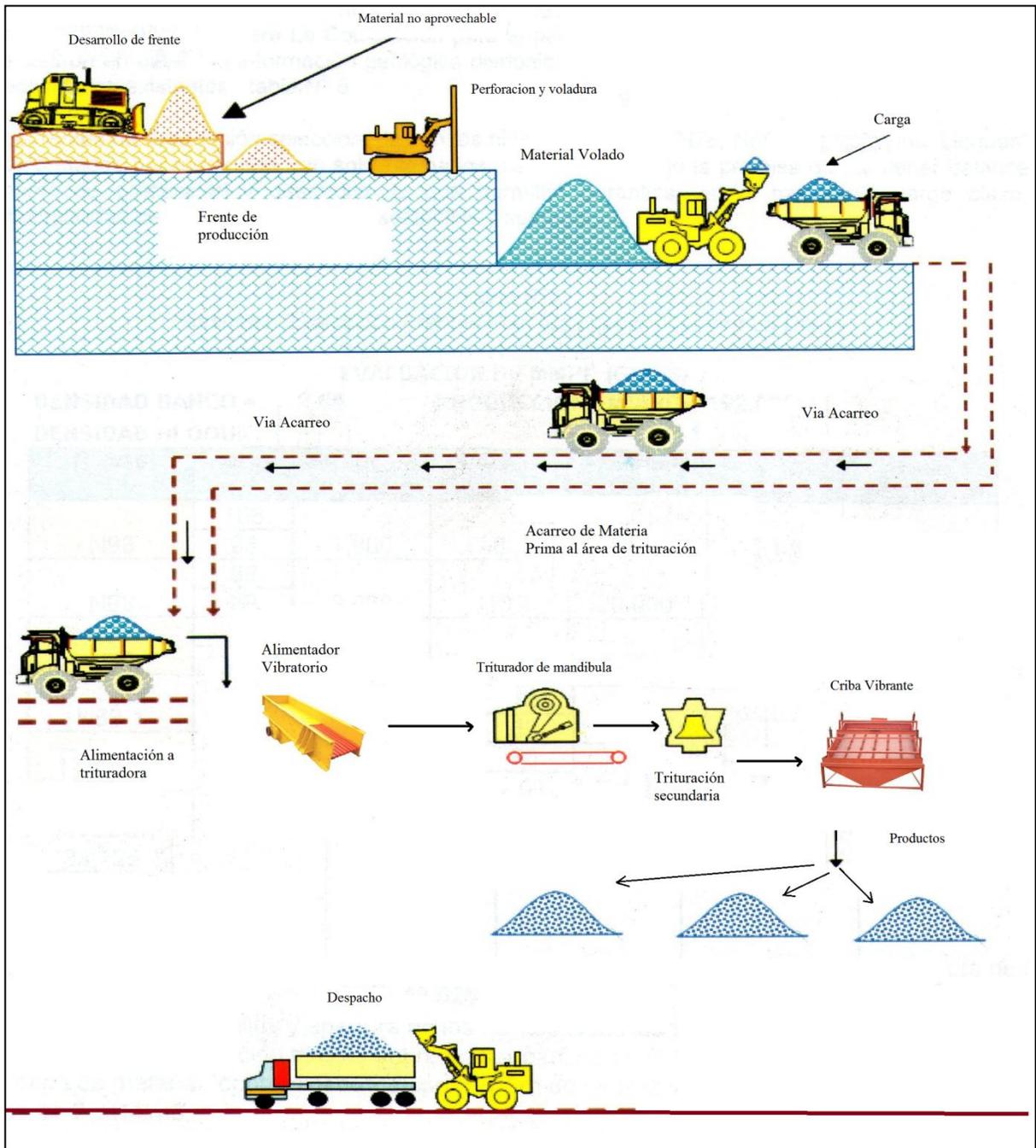


Figura N° 42. Diagrama propuesto del proceso de fabricación de agregados para el cerro La Danta. Elaboración propia.

6.5.1 Especificaciones de los equipos

A continuación se realiza la propuesta de los equipos de beneficio mineral de la empresa *Liming Quotation*, para el cerro La Danta, ver anexo N° 2.

❖ Alimentador vibratorio

Alimentador vibratorio	
Modelo	GZD1100x4200
Tamaño de ranura	1100x4200 mm
Tamaño máximo de alimentación	600 mm
Capacidad	120-240 t/h

Tabla N° 12. Especificaciones técnicas del alimentador vibratorio. Tomado de: *Liming Quotation* (2013).



Figura N° 43. Alimentador vibratorio. Tomado de *Liming Quotation* (2013).

❖ Trituradora de mandíbula

Trituradora de mandíbula	
Modelo	PE750x1060
Tamaño de alimentación	750x1060 mm
Máx. tamaño de alimentación	630 mm
Tamaño de salida	80-140 mm
Capacidad	100-250 t/h

Tabla N° 13. Especificaciones técnicas de la trituradora de mandíbulas. Tomado de: *Liming Quotation* (2013).



Figura N° 44. Trituradora de mandíbula. Tomado de *Liming Quotation* (2013).

❖ Trituradora de cono hidráulico

Trituradora de cono hidráulico	
Modelo	HPC220
Máximo tamaño de alimentación	210 mm
Tamaño mínimo de salida	19 mm
Capacidad	185-300 t/h

Tabla N° 14. Especificaciones técnicas de la trituradora de cono hidráulico. Tomado de: *Liming Quotation* (2013).



Figura N° 45. Trituradora de cono hidráulico. Tomado de *Liming Quotation* (2013).

❖ Criba vibrante

Criba vibrante	
Modelo	3YZS2160
Dimensiones	6000x2100 mm
Cantidad de pantalla	3
Malla de criba	3-80 mm
Máximo tamaño de alimentación	≤ 100 mm
Capacidad (T/h)	80-400 t/h
Frecuencia de vibrar	700-900 r/min

Tabla N° 15. Especificaciones técnicas de la criba vibrante. Tomado de: *Liming Quotation* (2013).



Figura N° 46. Criba vibrante . Tomado de *Liming Quotation* (2013).

6.6 INFRAESTRUCTURA

Para el cerro La Danta, se recomienda disponer de instalaciones que permitan el desarrollo de las operaciones y actividades administrativas, para cumplir con los requerimientos establecidos por las leyes de seguridad y ambiente, entre las que se consideran:

Descripción	Cantidad
Oficina técnica	1
Galpón de taller mecánico y eléctrico	1
Cuarto de baño	2
Oficina administrativa y despacho	1
Polvorín	1
Comedor	1
Enfermería	1
Caseta de vigilancia	1

Tabla N° 16. Infraestructura propuesta para el cerro La Danta. Elaboración propia.

6.7 ORGANIZACIÓN Y PERSONAL

Se sugiere que las actividades de planificación y operaciones de producción del cerro La Danta, se efectúen bajo la coordinación del personal de planificación de mina, beneficio mineral, taller mecánico y perforación, los cuales definirán los criterios necesarios para cumplir con lo establecido en el futuro plan de explotación, en la tabla N° 17, se describe el perfil requerido para el personal.

Perfil del personal requerido para el cerro La Danta		
Cargo	Responsabilidades	Perfil
Supervisor de operaciones	Velar por la vigilancia de las actividades mineras, además de la salud y seguridad de los trabajadores en la mina.	Profesional de ingeniería de minas, conocimientos en interpretación de planos, dominio de las normas vigentes, disciplina, noción en programas de diseño asistido por computadora, trabajar en equipo, tomar decisiones, recibir y dar instrucciones, sensibilidad social e iniciativa.
Operador de cargador frontal	Encargado del funcionamiento del cargador frontal.	Bachiller, experiencia previa en el manejo de un cargador frontal, poseer licencia de 5ta, certificado médico vigente, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Operador del equipo auxiliar	Responsable del funcionamiento del tractor y de la motoniveladora.	Bachiller, experiencia previa en el manejo de un tractor y de la motoniveladora, poseer licencia de 5ta, certificado médico vigente, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Choferes de camiones roqueros	Encargado del funcionamiento del camiones roqueros.	Bachiller, experiencia previa en el manejo de un camión roquero, poseer licencia de 5ta, certificado médico vigente, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Obrero del departamento de planificación de mina.	Brindar apoyo al supervisor de mina.	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Supervisor de planta	Velar por la inspección de las actividades de beneficio mineral, además de la salud y seguridad de los trabajadores de la planta.	Profesional de ingeniería de metalúrgica, organización y administración de procesos industriales, conocimiento de los métodos de control de calidad,

		comprensión de las normas de seguridad e higiene vigentes, disciplina, trabajar en equipo, tomar decisiones, imparcialidad, recibir y dar instrucciones, sensibilidad social e iniciativa.
Operadores de planta	Responsables del funcionamiento y mantenimiento de los equipos de planta del tractor.	Profesional tecnico superior del mantenimiento mecánico, experiencia previa y conocimiento de los equipos de beneficio mineral, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración, toma de decisiones e iniciativa.
Obreros del departamento de beneficio mineral	Brindar apoyo al supervisor y operadores de planta.	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Mecánico de maquinaria pesada	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria pesada, asimismo velar por la salud y seguridad de los trabajadores.	Bachiller, experiencia previa en el mantenimiento de equipos pesados, disciplina, recibir y dar instrucciones, redactar informes, trabajar en equipo, conocimiento de las normas de seguridad e higiene vigentes.
Mecánico de vehículos	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos livianos, asimismo velar por la salud y seguridad de los trabajadores.	Bachiller, experiencia previa en el mantenimiento de los vehículos livianos, disciplina, recibir y dar instrucciones, redactar informes, trabajar en equipo, conocimiento de las normas de seguridad e higiene vigentes.
Asistentes de mecánica	Brindar apoyo al mecánico de maquinaria pesada y de vehículos livianos.	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Operador de perforadora	Velar por la perforación y voladura de los bancos de producción, igualmente de la salud y seguridad de los	Profesional tecnico superior en minería, experiencia previa, conocimiento de equipos y accesorios para la perforación y

	trabajadores.	voladura, noción de las normas de seguridad e higiene vigentes, disciplina, trabajar en equipo, conocimientos en interpretación de planos, tomar decisiones, recibir y dar instrucciones, sensibilidad social e iniciativa.
Obreros del departamento de perforación y voladura	Brindar apoyo al operador de la perforadora.	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.
Gerente general	Inspector del funcionamiento de las áreas de operaciones mineras, beneficio mineral, mantenimiento mecánico, perforación y voladura además de llevar la contabilidad.	Profesional de ingeniería de minas, experiencia comprobable en la industria por 10 años, conocimientos en la interpretación de planos, conocimiento de las normas de seguridad e higiene vigentes, redactar informes, cumplir con cronogramas, imparcialidad en la toma de decisiones.
Administrador	Encargado del pago de los impuestos, gastos administrativos y de operaciones, venta del mineral, cotizaciones en cuanto a la compra/venta de los equipos y materiales.	Profesional en administración, experiencia en la industria minera ocupando cargos similares, ética de trabajo, saber redactar informes, diligente, colaborador.
Asistente de administración	Apoyar al administrador.	Profesional técnico superior en administración de empresas, disciplina, recibir y dar instrucciones, redactar informes, trabajar en equipo.
Secretaria	Recibir e informar sobre la correspondencia, archivarla, transcribir informes y enviarlos, atender llamadas telefónicas.	Bachiller, poseer cursos secretariales, conocimiento del manejo de computadoras y habilidad para las herramientas de internet, disciplina, recibir instrucciones
Vigilantes	Brindar seguridad al personal y a las instalaciones.	Pertenecer a la reserva militar, informar diariamente sobre los acontecimientos, inspeccionar las entradas y salidas de personal,

		materiales y equipos, disciplinado, observador acucioso.
Enfermero	Encargado de la atención primaria de los empleados.	Sexo: masculino, licenciatura en enfermería, experiencia en cargos similares, espíritu de colaboración.
Personal de limpieza	Mantener las instalaciones aseadas, informar sobre los insumos requeridos.	Iniciativa, observador acucioso, sentido común, trabajar en equipo, cumplimiento de instrucciones, disciplina, espíritu de colaboración.

Tabla N° 17. Perfil del personal requerido para el cerro La Danta. Elaboración propia.

6.7.1 Personal requerido

La actividad minera demanda una distinción en cuanto a los departamentos y al personal requerido, por lo tanto a continuación se expone la propuesta realizada para el cerro La Danta, figura N° 47.

❖ Planificación de mina

- 1 Supervisor de operaciones
- 2 Operador de cargador frontal
- 1 Operador del equipo auxiliar

- 3 Choferes de camiones roqueros
- 1 Obrero

❖ Beneficio mineral

- 1 Supervisor de planta
- 2 Operadores de planta
- 3 Obreros

❖ Taller mecánico

- 1 Mecánico de maquinaria pesada
- 1 Mecánico de vehículos
- 2 Asistentes de mecánica

❖ Perforación y voladura

- 1 Operador de perforadora
- 2 Obreros

❖ Gerencia y administración

- 1 Gerente general
- 1 Administrador
- 1 Asistente de administración
- 1 Secretaria
- 2 Vigilantes
- 1 Enfermero
- 3 Personal de limpieza

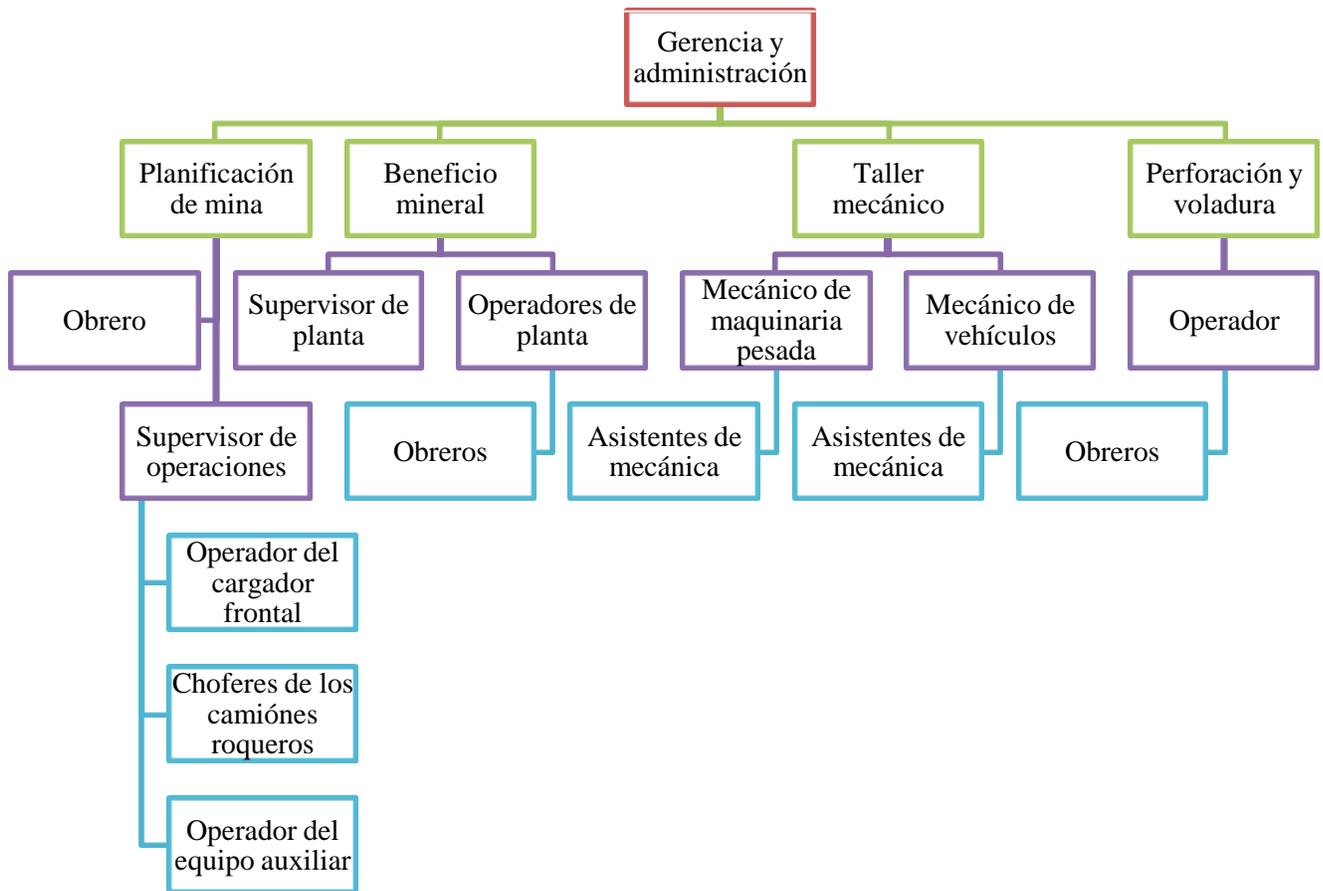


Figura N° 47. Organigrama propuesto para el cerro La Danta. Elaboración propia.

6.8 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Las medidas de protección del plan de explotación para el cerro La Danta se fundamentaran en una gestión ambiental responsable, orientada a la implantación de prácticas conservacionistas ajustadas al cumplimiento de la normativa ambiental y minera vigentes que regulan las actividades de extracción de minerales no metálicos susceptibles de degradar el ambiente. En tal sentido, y con la finalidad de poder identificar los efectos que pudieran generar sobre el entorno inmediato donde se ubica la cantera, se utilizará como referencia la matriz de grado de intensidad descrita en la Resolución 56, referente a las "Normas sobre recaudos para la evaluación ambiental de programas y proyectos mineros y de exploración y productos de hidrocarburos", que permite calificar de manera general como se manifestaran los efectos en los componentes del ambiente, para posteriormente identificar y establecer a corto y mediano plazo las medidas de control ambiental que mejor se apliquen.

Los efectos potenciales sobre aspectos físicos–naturales, se clasifican según su grado de intensidad con la siguiente connotación: alto (A), medio (M) y bajo (B), para el caso del cerro La Danta se estima una afectación variada, como se observa en la tabla N° 18.

Efectos potenciales sobre aspectos físicos–naturales	
Efectos potenciales	Grado de intensidad
Procesos erosivos	M
Contaminación de aguas superficiales	B
Contaminación de aguas subterráneas	B
Contaminación del aire	M
Contaminación de los suelos	B
Contaminación de los sónica	B
Modificación de los cursos de agua	B
Modificación del uso del suelo	B
Alteración de lagunas	B
Alteraciones de bosques	B
Alteración de vegetación de interés local o protegida mediante normativa	M
Alteración de topografía	A

Tabla N° 18. Efectos potenciales sobre aspectos físicos–naturales. Elaboración propia.

Los efectos potenciales sobre aspectos socio–económicos, se clasifican según su grado de intensidad con la siguiente connotación: alto (A), medio (M) y bajo (B), para el caso del cerro La Danta se estima una afectación variada, tabla N° 19.

Efectos potenciales aspectos socio–económicos	
Efectos potenciales	Grado de intensidad
Aumento en el valor de la tierra	M
Conflictos de uso	M
Conflictos de tenencia de la tierra	B
Aumento de la demanda de servicios: vivienda, salud, educación y transporte	B
Modificación de los flujos de transporte	B
Incremento en la demanda de productos alimenticios	B
Modificación del comercio	B
Modificación de la banca	B
Aparición de nuevos centros poblados	B
Desaparición de los centros poblados	B
Conflictos con la recreación y el turismo	B
Desaparición de lugares tradicionales de recreo	B
Desaparición de sitios o edificaciones de interés arqueológico e histórico	B
Fortalecimiento de las áreas de fronteras	B

Tabla N° 19. Efectos potenciales aspectos socio–económicos. Elaboración propia.

Se considera un plan de supervisión ambiental, el cual contemplará un seguimiento sistemático al acatamiento del programa de recuperación ambiental, en lo que respecta al establecimiento de las medidas o acciones preventivas, control y mitigación, se prevé desarrollar los siguientes objetivos:

- ❖ Verificar el avance de los condicionamientos técnicos ambientales previstos durante la extracción y aprovechamiento de material granular no metálico.
- ❖ Revisar el estatus de cumplimiento de la normativa ambiental vigente, aplicable a los procesos propios y conexos de extracción y aprovechamiento de minerales no metálicos mediante la planta de beneficio mineral.

- ❖ Verificar la creación progresiva de las acciones de prevención, mitigación y control ambiental.

La constitución del plan se realizará con base al seguimiento y/o monitoreo de las siguientes acciones:

- a) Aplicación de riego programado en vías y planta.

Con la finalidad de minimizar y controlar adecuadamente las emisiones de polvo durante el procesamiento, el acarreo del material en las vías internas y aéreas adyacentes a la instalación, tabla N° 20.

Aplicación de riego programado en vías y planta						
Caracterización de la medida						
Duración	X	Permanente		Temporal		
Propósito		Preventivo	X	Mitigante		Correctivo
Tipo		Estudio	X	Procedimiento		Obra
Localización	X	Vialidad	X	Planta trituradora	X	Obra

Tabla N° 20. Aplicación de riego programado en vías y planta. Elaboración propia.

- b) Manejo adecuado de materiales y desechos peligrosos generados en operaciones.

Se pretende monitorear el manejo seguro de los materiales y desechos peligrosos que se generaran en el cerro La Danta como resultado del mantenimiento rutinario o paradas extraordinarias de equipos y/o maquinarias vinculadas al trabajo; aceites y grasas.

Es de suma importancia monitorear el funcionamiento y eficiencia del sistema de manejo de aguas aceitosas y su descarga final, verificando la eficiencia de la separación agua-aceite, la recuperación del aceite para su almacenamiento temporal, así como el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo de todo el sistema, tabla N° 21.

Manejo adecuado de materiales y desechos peligrosos generados en operaciones						
Caracterización de la medida						
Duración	X	Permanente		Temporal		
Propósito	X	Preventivo		Mitigante		Correctivo
Tipo		Estudio	X	Procedimiento		Obra
Localización		Cantera	X	Planta trituradora		Obra

Tabla N° 21. Manejo adecuado de materiales y desechos peligrosos generados en operaciones.
Elaboración propia.

c) Manejo de desechos domésticos y chatarra

Se considera realizar seguimiento periódico a la clasificación y recolección de los desechos sólidos domésticos e industriales de naturaleza no peligrosos, generados por la planta de beneficio mineral, para ello se verificará en sitio la definición de los sectores identificados y destinados para tal fin, para dar el manejo ambientalmente seguro de los mismos, incluida la segregación, almacenamiento temporal y la disposición final. La disposición final de los desechos sólidos de naturaleza no peligrosa será manejada con el servicio del vertedero municipal del municipio Caroní del estado Bolívar, tabla N° 22.

Manejo de desechos domésticos y chatarra						
Caracterización de la medida						
Duración	X	Permanente		Temporal		
Propósito	X	Preventivo		Mitigante		Correctivo
Tipo		Estudio	X	Procedimiento		Obra
Localización	X	Cantera	X	Planta trituradora		Obra

Tabla N° 22. Manejo de desechos domésticos y chatarra. Elaboración propia.

d) Control de drenaje en el área de mina

Con la finalidad de controlar el patrón de drenaje en las áreas de desarrollo de la mina, dando el manejo adecuado de escorrentía, especialmente durante la época de precipitaciones, tabla N° 23.

Control de drenaje en el área de mina						
Caracterización de la medida						
Duración	X	Permanente		Temporal		
Propósito	X	Preventivo		Mitigante		Correctivo
Tipo		Estudio		Procedimiento	X	Obra
Localización	X	Cantera		Planta trituradora		Obra

Tabla N° 23. Control de drenaje en el área de mina. Elaboración propia.

e) Plan de reforestación

Realizar seguimiento a la formulación e implantación progresiva del plan de reforestación que se desarrollará como parte del programa de recuperación ambiental, verificando el grado de cumplimiento con base al programa, contabilizando el tiempo y dimensionamiento los espacios recuperados con especies autóctonas de la zona. Adicionalmente se debe velar por el cumplimiento del mantenimiento de las demás superficies recuperadas, tabla N° 24.

Plan de reforestación						
Caracterización de la medida						
Duración	X	Permanente		Temporal		
Propósito		Preventivo	X	Mitigante		Correctivo
Tipo		Estudio		Procedimiento	X	Obra
Localización	X	Cantera	X	Planta trituradora	X	Obra

Tabla N° 24. Plan de reforestación. Elaboración propia.

f) Plan de explotación

Si se apertura la cantera en un futuro supervisar el cumplimiento del plan de explotación para cerro La Danta, a fin de velar que la extracción se realice en las aéreas y bajo las especificaciones descritas y sometidas a consideración del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, es decir en cumplimiento de los

requerimientos técnicos para la conformación de los taludes de terraza, pendiente de piso, control de drenaje y ordenamiento de la cantera.

6.9 ORDEN DE MAGNITUD DE COSTOS

La estructuración de los costos en minería es muy variada y compleja, ya que los procesos productivos se complican por la diversidad de operaciones, por lo tanto:

a) *American Association of Cost Engineers (AACE)*

Estima que el estudio de orden de magnitud esta basado en los costos recogidos de proyectos anteriores de envergadura, alcance semejante y su precisión es de $\pm 30\%$.

b) *American National Standards Institute (ANSI)*

Infiere que la estimación de orden de magnitud, cuenta con una precisión de +50 y -30%.

Considerando lo dicho anteriormente se estima que el orden de magnitud de costos, para el cerro La Danta se encuentra en el intervalo de US\$ 7.432.811,10-8.672.060,517, en el anexo N° 4 se describen los costos de los equipos de operaciones, beneficio mineral y perforación y voladura.

CAPÍTULO VII
ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo, se analizan los resultados obtenidos a partir de las fórmulas empleadas, todo esto enmarcado en un estudio de ingeniería conceptual para el cerro La Danta.

7.1 PRODUCCIÓN ESTIMADA

Para la elaboración del siguiente trabajo únicamente se contó con reservas probables, obtenidas por los estudios realizados previamente de INGEOMIN y Grupo Rocaura, por lo tanto solo se puede hacer una estimación en cuanto a la producción requerida a partir de explotaciones similares.

A partir de los requerimientos propuestos del Grupo Rocaura, los cuales están comprendidos entre 90,91 m³/hora–121,21 m³/hora, se realizó la estimación para una alimentación de ±108,70 m³/hora, con la finalidad de alcanzar la capacidad óptima en los equipos de la planta de beneficio mineral.

Por otra parte, se describe que el personal laborará un solo turno de trabajo ±288 días/año, basado en el cumplimiento del reglamento de la ley orgánica del trabajo, Gaceta Oficial N° 40.157 del 30 de abril de 2013, donde indica que el día domingo se considera libre.

7.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE MAQUINARIA DE CARGA Y ACARREO

Considerando los requerimientos de roca charnockita, se requirieron dos (2) equipos de carga con una capacidad nominal de cucharón de 1,50 m³, donde uno será empleado para el despacho del material y el segundo para las operaciones de mina. Al realizar este cálculo de dimensiones se consideró: la producción por ciclo, factor del cucharón, número de ciclos por hora, además del factor de eficiencia, estos valores fueron suministrados por Solanilla (2003) y por el manual del fabricante del equipo.

Es importante destacar, que esta investigación es conceptual por lo tanto se recurrió a la búsqueda de proyectos similares, y se cuenta con información de tres canteras las cuales serán denotadas de ahora en adelante como A, B y C.

La cantera A, cuenta con tres (3) equipos de carga con una capacidad de balde de 5,70 m³, 6,40 m³ y 2,60 m³, y con una capacidad de planta de 60,60 m³/hora. Por otra parte, la cantera B, posee dos (2) equipos de carga con una capacidad de balde de 1,90 m³ cada uno, y con una capacidad de planta de 163,03 m³/hora, por último, la cantera C, posee dos (2) equipos de carga con una capacidad de balde de 3,00 m³ y 7,00 m³ y con una capacidad de planta de 143,00 m³/hora.

Es notable la diferencia en cuanto a las capacidades de los cucharones de las canteras en cuestión y la seleccionada para este trabajo de grado, ya que todas las mencionadas anteriormente cuentan con un sobredimensionamiento de los equipos de carga y se infiere a partir de lo establecido por Solanilla (2003), que las plantas de beneficio mineral se encuentran sobresaturadas, ocasionando deterioro y demoras en cuanto la producción de piedra picada.

Para la elección de los equipos de acarreo, se consideró la producción por ciclo del cargador frontal el cual es de 1,57 m³ y la cantidad de pases establecidos son de 3-6 por equipo, por lo que se requería una unidad con un volumen de tolva comprendido de 5 m³ y 10 m³, no obstante debido a la carencia en el mercado de equipos acarreo con pequeñas dimensiones se optó por tres (3) camiones articulados de 23,6 t, los cuales cuenta con 13,94 m³, excediéndose de lo recomendado por 28,26 %. A pesar de ello se prevé que si en los años siguientes se desee ampliar la producción, estos pueden seguir siendo utilizados.

Además, se recomienda implementar charlas de seguridad e higiene para los trabajadores de la mina, con la finalidad de que estos utilicen de manera correcta los equipos y de esta manera prolongar su vida útil.

7.2.1 Selección de equipos auxiliares

Aunque no forman parte de la producción, son equipos necesarios para la explotación de una manera eficiente y segura, consecuentemente estos se seleccionaron a partir de relaciones de proyectos similares, escogiendo así al tractor de cadena y la

motonivelora, ambos con un ancho de hoja de 2,92 m y 3,66 m, los cuales pueden realizar sus labores de mantenimiento de vías sin obstaculizar el paso de los camiones.

7.3 GEOMETRÍA DE LA EXPLOTACIÓN

Esta geometría se realizó considerando las medidas de seguridad con un alto, ancho y ángulo apropiado.

Con respecto a la altura del banco y ángulo de corte de talud se utilizó la información existente de explotaciones similares, ya que no se cuenta con información geológica donde la A, posee 10 m y 73°, la B conserva 10 m y 80° y C ostenta 10 m y 70°, considerando todo lo anteriormente descrito, se diseñó la geometría de la explotación con una altura de banco de 10 m y un ángulo de corte de talud de 73°.

El ancho operativo se determinó a partir de un manual de *Caterpillar* (s/f), la cual indica que en rectas para vías de dos direcciones se debe plantear un mínimo de 3-3,5 anchos de camión, para la obtención de resultados se realizaron los cálculos con 3,5 anchos de camión. Lo cual demuestra que el valor para el ancho operativo debe estar entre los valores máximos y mínimos de 13 m y 11 m.

Para el caso del ángulo de fosa, este se obtuvo a partir de relaciones geométricas, indicando un valor de 31°; también se consideró una relación aproximada de corte de 3:1, y una máxima pendiente de rampa de 10 %, ya que eso es lo recomendado por el manual de fabricante de los equipos de acarreo CAT.

Asimismo se estimó el escurrimiento de las aguas, donde se recomienda colocar una zanja de 0,70 m de ancho, de igual importancia la rampa debe mantener una inclinación lateral de 2°, por otra parte, la berma de seguridad debe ser el 51 % del alto de los cauchos del equipo de acarreo seleccionado, en este caso se consideró una altura de 1,10 m y un ancho de 1,00 m, esto con la finalidad de proteger al personal y al equipo de no caer por el talud.

La propuesta de la fosa final se fundamentó en los datos suministrados por el levantamiento topográfico y geológico que realizó el Grupo Rocaura, por lo tanto se

estimó la ubicación relativa de las instalaciones las cuales se situaran en las zonas más cercanas a la autopista con la finalidad de no interrumpir el paso de vehículos pesados. También se determinó que se necesitaran dos (2) fosas una ubicada al este y otra al oeste, actualmente solo se cuenta con la información topográfica de la zona este, donde se estableció que dada la geometría propuesta la mínima cota que se puede alcanzar es la cota -10 m, por otra parte se mantuvo un margen de distancia en cuanto a los linderos adyacentes de 40 m, con la finalidad de mitigar las afectaciones a las zonas aledañas, como se me observa en los mapas anexos.

7.4 DISEÑO DE PATRÓN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Considerando una producción de mediana a pequeña escala el patrón de voladura se supuso con una broca de 88,90 mm, para calcular el tamaño de la piedra máxima (B_{max}) se utilizó la fórmula propuesta por Langefors (1963).

En base a referentes bibliográficos se utilizaron los valores de RWS, RCS, rata de perforación, el ángulo adecuado para la dureza de la roca, f (1:1), además de los datos de explosivo y accesorios de voladura, determinando de esta manera el espaciamiento, sobreperforación, retacado y longitud del barreno, estos se realizaron según condiciones ideales de campo, como por ejemplo, frentes sin grietas y barrenos sin contenido de agua en el fondo. Sin embargo, en la práctica, la zona se caracteriza por presentar durante el año cinco (5) meses de lluvia, generando durante este periodo la ocurrencia permanente de agua en los barrenos, además se infiere una geología compleja.

A partir de proyecciones realizadas y explotaciones similares, se estima que para cumplir con los requerimientos mensuales de $\pm 16.953,30 \text{ m}^3$, se deben trabajar ± 14 días en la perforación y voladura de ± 217 barrenos.

7.5 BENEFICIO MINERAL

El diseño de la planta de beneficio mineral, se determinó a partir de las dimensiones de los requerimientos de los productos finales estos son: piedra de 0-1/2", 1/2"-3/4" y 3/4-1", por lo tanto se recomendó el siguiente sistema de equipos y cintas transportadoras. En principio el material debe ser recibido por un alimentador vibratorio, cuyo máximo tamaño de entrada será de 600 mm; luego se requiere una trituradora de mandíbula cuyo tamaño de salida de material estará comprendido entre 80 mm-140 mm, para posteriormente colocar la trituradora secundaria o de cono, con un tamaño mínimo de salida de 19 mm y por último una criba vibrante para la clasificación del material. Se considera un circuito cerrado entre la trituradora de cono y la criba vibrante con la finalidad de obtener el tamaño ideal requerido, todo este sistema conectado a través de seis (6) cintas transportadoras.

Después de hacer el diseño de planta anteriormente mencionado, la empresa Grupo Rocaura obtuvo una cotización por parte de *Liming Quotation*, sin embargo debido a la ubicación de empresa productora y la cantera, se recomienda realizar estudios más detallados (Anexo N° 3) acerca de las fallas y desgastes más comunes de las piezas mecánicas, además de poseer un almacén que cuente con las mismas para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, sin comprometer la producción.

7.6 INFRAESTRUCTURA

Se propone que cuente con las siguientes instalaciones: oficina técnica, galpón de taller mecánico y eléctrico, cuartos de baños, oficina administrativa y despacho, polvorín, comedor, enfermería y caseta de vigilancia.

Todas las instalaciones mencionadas anteriormente deben poseer las dimensiones de acuerdo al número de trabajadores, en conformidad de la ley, por lo menos para el caso del diseño de los cuartos de baño se debe considerar lo estipulado por la Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 4.044 resolución N° G-112, artículo 146, el cual indica:

Las edificaciones y/o los locales destinados a industrias deberán dotarse de salas sanitarias, piezas sanitarias del tipo y número mínimo que se señalan la tabla N° 25.

Salas sanitarias				
Sala Sanitaria uso masculino				
N° de trabajadores	Excusados	Urinarios	Lavamanos	Duchas
1-15	1	1	1	1
16-30	2	1	2	2
31-50	2	1	2	3
51-75	2	2	3	3
76-100	4	2	5	5
Más de 100	Un (1) escusado, un (1) urinario, un (1) lavamanos y una (1) ducha adicional por cada 35 trabajadores o fracción.			
Sala Sanitaria uso femenino				
N° de trabajadores	Excusados	Urinarios	Lavamanos	Duchas
1-15	1		1	1
16-30	2			
31-50	3		2	2
51-75	4		3	4
76-100	5		3	5
Más de 100	Un (1) escusado, un (1) urinario, un (1) lavamanos y una (1) ducha adicional por cada 35 trabajadores o fracción			

Tabla N° 25. Salas sanitarias. Tomado de: Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela N° 4.044 resolución N° G-112, (1988).

7.7 ORGANIZACIÓN Y PERSONAL

La organización se distribuirá de forma piramidal dividida en cinco (5) grandes grupos, los cuales estarán conformados de la manera siguiente: Gerencia y Administración, Planificación de Mina, Beneficio Mineral, Taller Mecánico, Perforación y Voladura.

Con esta estructura se generan de forma directa 31 empleos, y se infiere que serán de igual medida los empleos indirectos, ya que se requerirá los servicios de empresas encargadas de la reforestación, mantenimiento de las vías externas a la mina, transportistas, cocineras, entre otros, en la tabla N° 17, p. 92, se realizó una pequeña descripción del perfil requerido para el personal a ocupar estas posibles plazas.

7.8 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Fundamentado en las políticas ambientales del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, se estableció a través de la Resolución 56 "Normas sobre recaudos para la evaluación ambiental de programas y proyectos mineros y de exploración y productos de hidrocarburos", que los efectos físicos-naturales y socio-económicos, son del grado medio a bajo, a excepción de la alteración de la topografía que se considera alta.

Para el cerro La Danta, se recomienda basar sus operaciones enmarcadas en un conjunto de medidas ambientales de carácter permanente, que permitirán controlar, mitigar, corregir y prevenir las potenciales desviaciones ambientales, asociadas a la afectación de recursos naturales durante el desarrollo minero, tales acciones se clasificarán de la siguiente manera: aplicación de riego programado en vías y planta, manejo de materiales y desechos peligrosos, manejo de desechos sólidos no peligrosos, control de drenaje en el área de mina y plan de arbolización.

7.9 ORDEN DE MAGNITUD DE COSTOS

Este cálculo en orden de magnitud de los costos indica un costo de inversión total que se encuentra en el intervalo de US\$ 7.432.811,10-8.672.060,51 en el anexo N° 4 se encuentra una pequeña descripción de los costos de los equipos de operaciones, beneficio mineral, auxiliares y de perforación y voladura.

Se recomienda realizar un estudio de factibilidad donde la precisión de la estimación es en torno a 10 %, en el cual se profundizan los estudios: geológicos, de mercado, diseño de la explotación, procesamiento mineralúrgico, infraestructura, recursos humanos, estudios de impacto ambiental, estudio económico, financiamiento del proyecto, entre otras, ver anexo N° 3.

7.10 REFLEXIONES FINALES

La elaboración de esta propuesta para la explotación a cielo abierto de charnockita se realizó en la modalidad de una ingeniería conceptual, ya que no se contaba con suficiente y sólida información geológica. Sin embargo, a partir de antecedentes históricos se infiere una geología estructural compleja, siendo esta la razón por la que se estima que todos los resultados obtenidos se verán alterados (sensibles en precisión) a la ejecución de estudios geológicos y topográficos más detallados.

Es importante señalar que aunque se utilizó la información de canteras similares se observó que todos los ejemplos, presentaban un sobre-dimensionamiento en sus equipos de carga, criterio que es explicado ampliamente por Solanilla (2003). Debido a esto se deduce que, las plantas de beneficio mineral están siendo rebosadas y por lo tanto se compromete la producción deseada a la que se desea llegar.

Por lo tanto la principal limitante en este trabajo de investigación, fue que no se contaron con estudios geológicos y topográficos detallados en la zona, para determinar certeramente los equipos de operaciones, beneficio mineral y por último geometría de la fosa final.

CONCLUSIONES

- ❖ Se laborará aproximadamente 288 días/años, con la finalidad de alcanzar una producción de 108,70 m³/h, es decir 16953,30 m³/mes, este valor depende de los requerimientos de la planta de beneficio mineral.
- ❖ Los equipos de carga seleccionados son dos (2) cargadores frontales con una capacidad nominal de cucharón de 1,50 m³, donde uno de ellos se encargará del transporte del material obtenido por la planta de beneficio mineral, y el segundo se delegará para el cumplimiento de las operaciones unitarias de mina.
- ❖ Los equipos de acarreo son tres (3) camiones articulados con una capacidad de carga de 23,60 t, los cuales serán llenados con seis (6) pases para una producción de 59,40 t/hora y su tiempo aproximado de viaje será de 15 minutos.
- ❖ En cuanto a la selección de equipos auxiliares, se seleccionaron el tractor de cadena y la motoniveladora, estos con un ancho de hoja de 2,92 m y 3,66 m.
- ❖ La geometría de la explotación son bancos con una altura de 10 m, ángulo de corte de talud de 73°, ancho operativo inferior y máximo de 11 m y 13 m, máxima pendiente de rampa de 10 %, zanjas de 0,70 m y berma de seguridad con un ancho de 1,00 m y 1,10 m de altura, también la mínima cota que puede alcanzar la explotación será la cota -10 m.
- ❖ Se concluye que el diámetro adecuado para la perforación de este tipo de mina es de 88,90 mm, también se infiere a partir de explotaciones similares que para cumplir los requerimientos mensuales se deberán trabajar 14 días en la perforación y voladura en 217 barrenos.
- ❖ Se escogió el siguiente sistema, en principio un alimentador vibratorio luego una trituradora de mandíbula, posteriormente una trituradora de cono y por último una criba vibrante, para así obtener los productos finales los cuales son: 0-1/2", 1/2"-3/4" y 3/4"- 1".
- ❖ La mina debe contar con las siguientes instalaciones: oficina técnica, galpón de taller mecánico y eléctrico, cuartos de baños, oficina administrativa y despacho, polvorín, comedor, enfermería y caseta de vigilancia.

- ❖ Se decidió que la mina cuente con cinco (5) grandes grupos los cuales son: Gerencia y Administración, Planificación de Mina, Beneficio Mineral, Taller Mecánico, Perforación y Voladura, esto generando de manera directa 31 puestos de trabajo.
- ❖ Las consideraciones ambientales se basaran en las leyes existentes enmarcadas en una gestión permanente que permitirán controlar, mitigar, corregir y prevenir las potenciales desviaciones asociadas a un desarrollo minero.
- ❖ Por último, se infiere que el costo de la inversión total para este proyecto se encuentra en el intervalo de US\$ 7.432.811,10-8.672.060,51.

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar sondeos de perforación, ya que este trabajo de grado solo conto con reservas probables por parte del grupo profesionales, geólogos y geofísicos, que anteriormente estudiaron la zona.
- ❖ Efectuar estudios detallados sobre las fallas y reparaciones más comunes en cuanto a los equipos de beneficio mineral, con la finalidad de garantizar de manera eficiente la reparación de los mismos. En dado caso de seleccionar la empresa *Liming Quotation*, contar con un almacén de aquellas partes mecánicas que sufren mayor desgaste.
- ❖ Ejecutar las construcciones de infraestructuras adecuadas según lo establecido por las leyes vigentes considerando el tipo de empresa, condiciones de seguridad e higiene, además del número de trabajadores.
- ❖ Las consideraciones ambientales deben ser de ejecución permanente, con la finalidad de salvaguardar la flora y fauna autóctona, desforestación, control del polvo y agua, afectaciones por perforación y voladura, entre otros.
- ❖ Realizar charlas de seguridad de forma permanente para todos los empleados de la mina, además de planes que beneficien tanto a los empleados como a la comunidad vecina.
- ❖ Ejecutar un estudio de factibilidad económica, para así conocer si es viable emprender esta actividad minera, considerando la inversión, tasa de retorno y estudio de mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Arnaudez R., O. (1977). Cálculo del rendimiento del equipo de producción, Estudio de la planta de tratamiento y Análisis económico de la cantera "Con Piedra". Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Venezuela, Caracas.
- ❖ Ballester, F. (s/f). Equipos de Excavación. Departamento de transporte y tecnología de proyectos. Consultado el 5 de diciembre de 2012, Scribd, página web de: <http://es.scribd.com/doc/24058835/Unidad-2-de-Maquinaria-pesada>.
- ❖ Caterpillar. (s/f). Guía de referencia rápida para aplicaciones de maquinas de minería. Caterpillar *Global Mining*.
- ❖ Cisneros, J. (2003). Diseño de explotación a cielo abierto. Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador. Consultado el 8 de diciembre de 2012, Minería Capma, página web de: www.mineriscapma.blogspot.com.pdf.
- ❖ Corporación Venezolana Guayana. Ferrominera del Orinoco C.A. (2006). Plan de explotación de la Cantera Concregua. Municipio Caroní, Estado Bolívar. Venezuela.
- ❖ Díaz S., M. (1977). Diseño de explotación de la Cantera "Con Piedra " Cerro la Danta, Distrito Caroní, Puerto Ordaz Edo. Bolívar. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- ❖ Escalante, K. (2011). Elaboración de una propuesta de explotación subterránea de carbón en la etapa de ingeniería conceptual para la Concesión Cazadero 12, ubicada en el Municipio Lobatera en el Estado Táchira. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- ❖ Estudios mineros del Perú S.A.C. (s/f). Manual de minería. Consultado el 5 de diciembre de 2012, Ingenierosdeminas, página web de: http://ingenierosdeminas.org/biblioteca_digital/libros/Manual_Mineria.pdf.
- ❖ Fueyo C., L. (1999). Equipos de Trituración Molienda y Clasificación. Tecnología, Diseño y Aplicación. Madrid: Editorial Rocas y Minerales. 300p.

- ❖ Herrera H., J. (2006). Método de minería a cielo abierto. Madrid: Editado por la Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas. 119p.
- ❖ Instituto geológico y minero de España (1994). Manual de perforación y voladura de rocas. Madrid: Editorial IGME. 464p.
- ❖ Instituto Nacional de Geología y Minería (2011). Informe Levantamiento sísmico de Cambalache – Rocaura. Estado Bolívar.
- ❖ Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1994). Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión. Madrid: Editorial ITGM. 541p.
- ❖ Loran, O. (2012). Caracterizar geológicamente y geotécnicamente los depósitos de arenas y macizos rocosos presentes en el parcelamiento Rocaura, Sector Cambalache, Estado Bolívar, con el fin de evaluar su utilidad como agregados de concreto y balastos ferroviarios. Trabajo especial de grado. Inédito. Universidad de Oriente, Bolívar.
- ❖ Portal Minero S.A. (2006). Manual General de Minería y Metalurgia. Chile: Editorial Portal Minero Ediciones. 400p.
- ❖ Murillo S., N. (2008, noviembre 09-13). Caracterización petrográfica de las rocas del complejo de Imataca aflorantes en la hoja marhuanta N° 7540 a escala 1:100.000, estados Bolívar y Anzoátegui. Ponencia presentada en el XIII Congreso Venezolano de Microscopía y Microanálisis (pp.1-6). Cumaná.
- ❖ Petróleos de Venezuela C.A. Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo. (1999). Léxico estratigráfico de Venezuela. 3ª Edición. Venezuela.
- ❖ Solanilla, B., Jorge. (2003). Gerencia de equipos para obras civiles y minería. Bogota. Editorial: Precolombi–David Reyes.363p.

ANEXOS

[Anexo N° 1]

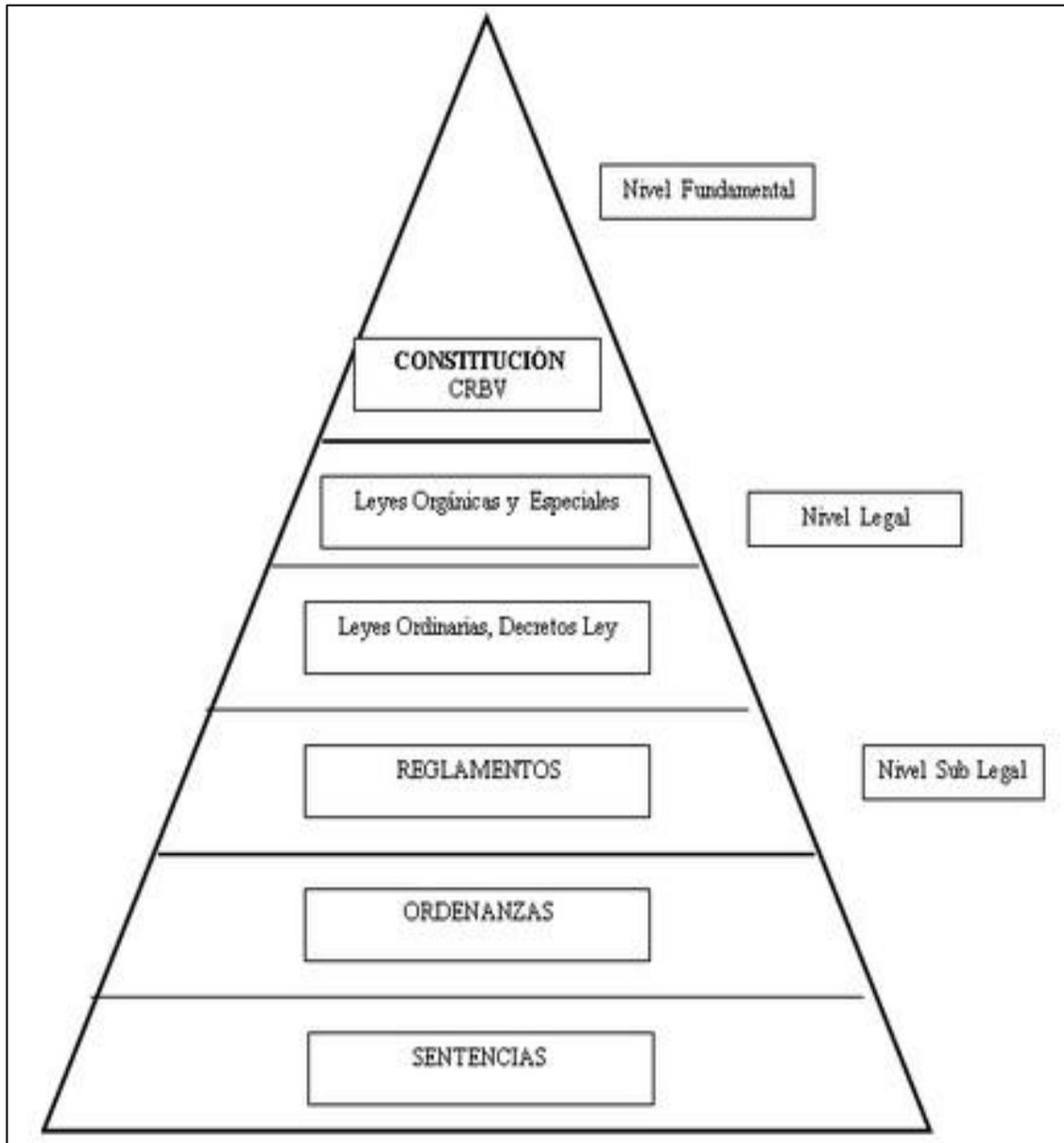


Figura N° 48. Pirámide de Kelser. Tomado de: www.monografias.com, (2013).

[Anexo N° 2]

Especificaciones técnicas de los equipos de beneficio mineral

❖ Alimentador vibratorio

Alimentador vibratorio	
Potencia de motor	15 Kw
Peso	4170 Kg
Dimensión	4300x2450x2010mm
Espesor del bastidor principal (mm)	12
Material de placa principal de marco acero	Q ₂₃₅
Material del eje principal	40 Cr
Material de forro	Q ₂₃₅
Material de primavera	60Si ₂ Mn

❖ Trituradora de mandíbula

Trituradora de mandíbula	
Potencia de motor	110 Kw
Peso	26,7t
Dimensiones	2620x2302x3110mm
Espesor de bastidor principal (mm)	70
Material de placa principal de marco acero	Q ₂₃₅
Material de eje excéntrico	40Cr
Material de placas de mandíbula	ZGMn ₁₃
Material de placa articulada	Cast iron
Material de placa lateral guardia	ZGMn ₁₃

❖ Trituradora de cono hidráulico

Trituradora de cono hidráulico	
Cámara	Coarse
Potencia de motor	220 Kw
Peso	18,1t
Espesor de bastidor principal (mm)	65
Material de eje principal	37SiMn ₂ MoV
Material de revestimiento	ZGMn ₁₃
Material de cóncavo	ZGMn ₁₃

❖ Criba Vibrante

Criba vibrante	
Potencia de motor(KW)	30
Double Vibración:	5-9 mm
Espesor de bastidor principal (mm)	8
Material de placa principal de marco acero	<i>boilerplate</i>
Material de pantalla	60Si ₂ Mn
Material de eje excéntrico	40 Cr
Material de primavera	60Si ₂ Mn

[Anexo N° 3]

DIFERENTES TIPOS DE ESTUDIOS. Villanueva, (s/f)

La fase de estudio del proyecto se desarrolla mediante un proceso de sucesivas aproximaciones, básicamente a través de tres niveles de precisión, figura N° 49:

- a) Estudio conceptual: también conocido como estudio de oportunidad o estimaciones de orden de magnitud, realizado mediante el empleo de métodos comparativos e históricos a fin de definir costos con una precisión en torno al 30 %.
- b) Estudio de pre-factibilidad: denominado estudio preliminar, realizado como un ejercicio de nivel intermedio (precisión de costos del orden de 20 %), normalmente no es adecuado para tomar una decisión de inversión, pero permite justificar si procede el estudio de factibilidad propiamente tal.
- c) Estudio de factibilidad: proporciona la base técnica, económica y comercial para una decisión de inversión. En esta etapa se define la capacidad de producción, la tecnología, las inversiones y costos de producción, y la rentabilidad del proyecto. La precisión de las estimaciones son en torno a 10%.

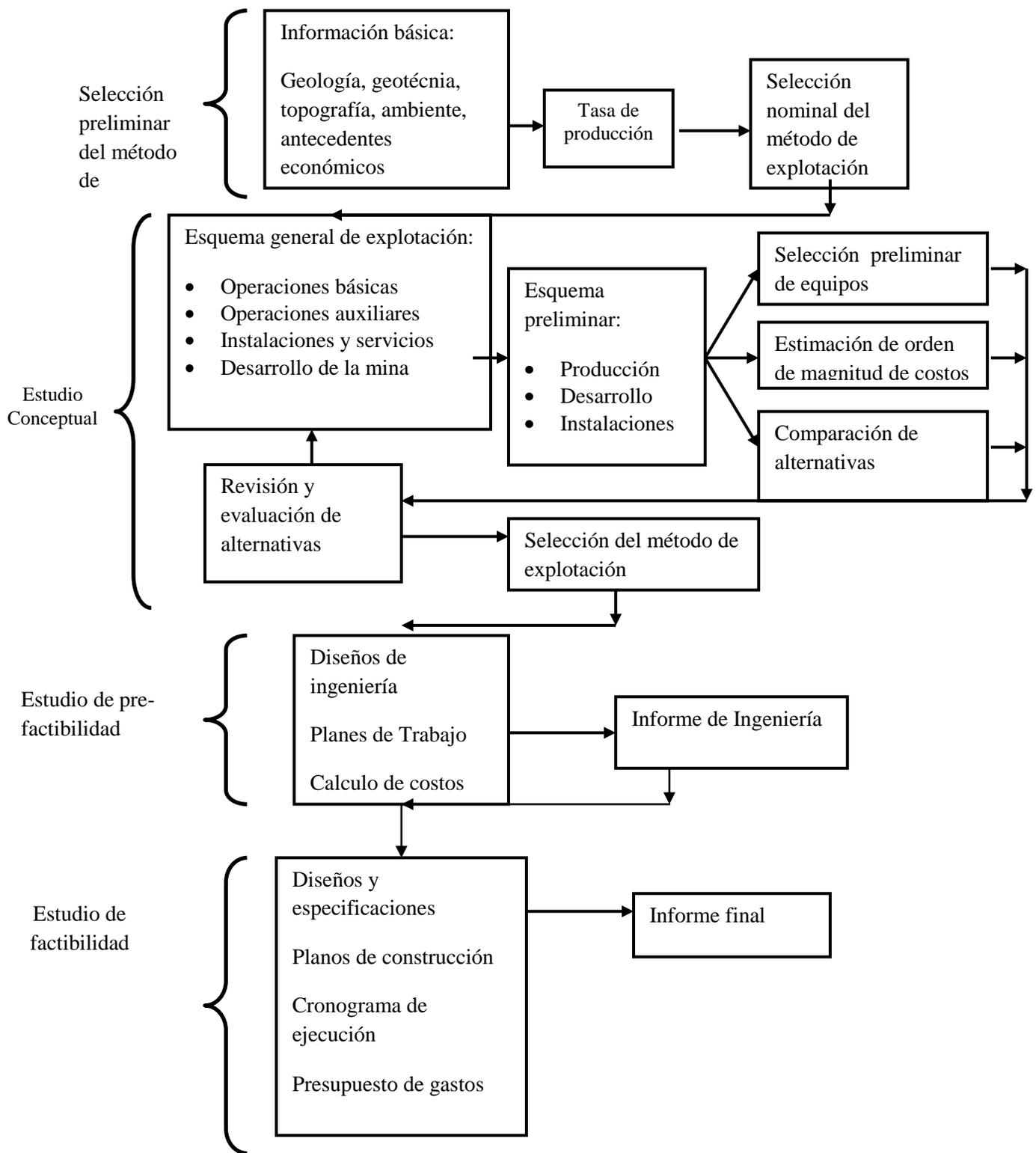


Figura N° 49. Diferentes tipos de estudios. Tomado de: Villanueva, (s/f).

Los aspectos de mayor interés que debe contener un estudio de factibilidad se comentan a continuación:

❖ Estudio geológico: las etapas que se habrán cubierto en el estudio geológico del depósito son la prospección, exploración, investigación y evaluación de los recursos y reservas. El estudio geológico del yacimiento estará basado en levantamiento de geología de superficie, sondeos de reconocimiento, calicatas, pozos, etc.

❖ Estudio de mercado: tiene el propósito de determinar las relaciones de oferta y demanda, los precios de venta de los productos y sus posibles proyecciones hacia el futuro. Relacionado con el mercado es la decisión sobre el grado de procesamiento o elaboración del mineral, desde un estado bruto, a una simple preparación mecánica, o una concentración mineralúrgica, e incluso la fundición y refinación como en el caso del cobre.

❖ Diseño de la explotación: aquí se define el método de explotación, el ritmo de producción anual, la secuencia de extracción y los equipos a utilizar. Este capítulo contendrá los siguientes aspectos: Diseño de la explotación, plan de desarrollo, programa de producción, recuperación minera, equipos principales, escombreras, organización, manejo de materiales, consideraciones ambientales.

❖ Procesamiento mineralúrgico: en base al muestreo del yacimiento, y análisis a nivel de laboratorio y luego a nivel de planta piloto, se establece el proceso por el cual el mineral será recuperado o convertido en producto vendible. Estos estudios abarcan normalmente los siguientes apartados: trituración y molienda, concentración y separación, y extracción metalúrgica.

❖ Infraestructura.: un proyecto minero, además de las instalaciones de la mina y la planta de tratamiento, requiere de una infraestructura e instalaciones auxiliares, tales como: plantas eléctricas, sistemas de abastecimiento de agua, plantas depuradoras, vías y accesos, red de comunicaciones, oficinas, talleres, almacenes, polvorines, comedores, sistema de ventilación, escombreras, represas, etc.

❖ Recursos humanos: se determina el personal necesario para cada una de las categorías para poner en explotación el yacimiento. En determinadas circunstancias

podría plantearse la conveniencia de contratar determinadas operaciones, tanto en minería a cielo abierto como en minería subterránea. La modalidad de operación depende de la política del promotor y de las dimensiones del proyecto.

❖ Estudios de impacto ambiental: estos estudios tienen el propósito de identificar, predecir, interpretar y evaluar los efectos ambientales derivados de la actividad minera, a fin de adoptar las medidas de prevención, control y mitigación de los mismos. El estudio de viabilidad debe incluir también las actividades de recuperación ambiental en la etapa del cierre de la mina, a los fines de habilitar los espacios para ulteriores usos.

❖ Estudio económico: la evaluación económica del proyecto de inversión en la mina es fundamental para la decisión de aprobar el proyecto. Para este efecto se trata de estimar el comportamiento del proyecto a lo largo de lo que será la vida de la explotación y determinar la liquidez, la rentabilidad y el riesgo. La liquidez se mide usualmente por el “período de recuperación”, la rentabilidad por el “valor presente neto” y la “tasa interna de retorno”, y el riesgo a través de un análisis e sensibilidad y también en términos de probabilidades en base a modelos de simulación.

❖ Financiamiento del proyecto: el financiamiento pretenden detectar las fuentes de recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto y la puesta en explotación, así como describir los mecanismos a través de los cuales fluirán esos recursos en las diferentes fases del proyecto y evaluar la repercusión sobre la rentabilidad económica del mismo. En ocasiones, los estudios de viabilidad se convierten en documentos vitales para la obtención de créditos.

[Anexo N° 4]

Costo de los equipos de operaciones, beneficio mineral y perforación y voladura

Equipo	Número de unidades	Bolívares
Cargador frontal (<i>Liebherr L514 Stereo</i>)	2	554.708,56
Camión articulado (Cat 725)	3	5.752.500
Motoniveladora (Cat 120M)	1	1.365.000
Tractor de cadena (Cat D5K)	1	1.144.000
Perforadora neumática MW-5000 E <i>Extension Boom</i>	1	661.783,20
Compresor portatil <i>Atlas Copco</i> . Modelo: XAMS850CD	1	611.000
Planta de beneficio mineral		
Alimentador vibratorio, trituradora de mandíbula, trituradora de cono hidráulico y criba vibrante (<i>Liming Quotation</i>)	1	1.828.156,20
TOTAL		11.306.150,96

Tabla N° 26. Costo de los equipos de operaciones, beneficio mineral y perforación y voladura.
Elaboración propia.

GLOSARIO

- ❖ S/B: relación entre el espaciamiento y Bpract.
- ❖ RWS: El calor de reacción por unidad de peso de un explosivo comparado a la energía de un peso igual de estándar ANFO.
- ❖ β : ángulo máximo de inclinación del barreno.
- ❖ dp: desviación de la perforadora.
- ❖ RCS: resistencia a la compresión simple.
- ❖ Bmax: tamaño máximo de la piedra.
- ❖ Bpract: tamaño práctico de la piedra.

