



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE.
NÚCLEO BOLÍVAR.
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS.**

**ACTUALIZACION PARCIAL DEL PLAN DE EXPLOTACIÓN DE LOS
YACIMIENTOS QUE CONFORMAN EL GRUPO REDONDO (CERRO
REDONDO, CERRO LA ESTRELLA Y CERRO RICARDO), DEL DISTRITO
FERRÍFERO PIAR, PARA UN PERIODO DE 10 AÑOS EN C.V.G.
FERROMINERA ORINOCO C.A. MUNICIPIO BOLIVARIANO
ANGOSTURA, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR EL BACHILLER
CAMILO GARCÍA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO DE MINAS.**

CIUDAD BOLÍVAR, FEBRERO 2025



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE.
NÚCLEO BOLÍVAR.
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS**

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado **“ACTUALIZACION PARCIAL DEL PLAN DE EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS QUE CONFORMAN EL GRUPO REDONDO (CERRO REDONDO, CERRO LA ESTRELLA Y CERRO RICARDO), DEL DISTRITO FERRÍFERO PIAR, PARA UN PERIODO DE 10 AÑOS EN C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. MUNICIPIO BOLIVARIANO ANGOSTURA, ESTADO BOLÍVAR..”**, Presentado por el bachiller GARCÍA A. CAMILO G. de cedula de identidad No. 24.378.723, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente por el jurado integrado por los profesores:

Nombres y apellidos:

Firmas:

Profesora Bezeida Osio (Asesor)

Profesor Víctor González (Jurado)

Profesor Nelson Medori (Jurado)

Profesor Víctor González
Jefe del Departamento de Ing. De Minas

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela de Ciencias
de la Tierra

Ciudad Bolívar, Febrero 2025

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a esas personas especiales que siempre me han brindado su apoyo sin condiciones en buenos y malos momentos, a mi familia que me han aconsejado y reprendido en las situaciones más críticas de mi trayecto universitario, a mi compañera de vida que ha estado presente en las situaciones adversas que se me han presentado y ha sido diligente para que pueda salir de ellas.

Se la dedico a ustedes:

¡Abuelo Germán Aponte...!

¡Mi Mamá Zaida Aponte...!

¡Familia Bolívar Rondón...!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a:

Dios por bendecirme día tras día y permitirme lograr esta meta.

Mis familiares y amigos, quienes son los principales colaboradores en gran medida de que alcance mis metas.

La Universidad de Oriente por brindarme sus instalaciones y servicios que me valieron de cuna para formarme como profesional.

Mi tutor académico la profesora Bezeida Osio, quien fue mi guía para elaborar esta tesis de grado.

Los profesores y profesoras del Departamento de Ingeniería de Minas, quienes a través de los años me impartieron sus conocimientos de minería.

Mi tutor industrial el ingeniero Francisco Perdomo, quien me ayudo enormemente en la realización de este trabajo, brindándome sus conocimientos y colaborando en la medida de sus posibilidades.

Los miembros del Área de Planificación de Mina de C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., quienes siempre estuvieron a la orden y disposición con afecto para solventar mis dudas y brindarme la oportunidad de aprender y aplicar conocimientos.

García A. Camilo G.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la empresa C.V.G Ferrominera Orinoco C.A. El objetivo principal del estudio fue actualizar parcialmente el plan de explotación preliminar para los yacimientos que conforman el Grupo Redondo; (Cerro Redondo, Cerro la Estrella y Cerro Ricardo) del Distrito Ferrífero Piar para un periodo de 10 años, donde el último estudio de explotación se realizó en el año 2014. Para ello se hizo uso del software minero MineSight 3D versión 5.50 para actualizar el modelo geológico de los yacimientos a partir de sondeos preexistentes. Para el diseño de fosa abierta (open Pit) se consideraron bancos de 10 m de alto, 6,36 m de ancho de bermas, 45° de ángulo de fosas y 70° de ángulo de talud, con vías de accesos de 30m de ancho y pendientes de 10° como máximo. Posteriormente se determinaron los equipos principales, auxiliares y finalmente se propuso preliminar y cualitativamente la mejor trayectoria para la línea férrea. Las reservas geológicas medidas de alto tenor alcanzan un total de 92 millones de toneladas con un porcentaje de sílice aceptable de 3,28% y una pérdida por calcinación algo alta para las especificaciones de calidad. Y las reservas medidas de bajo tenor reportan unos 51 millones de toneladas con un promedio de hierro de 45% y sílice de 30% y pérdidas por calcinación de 3%. Las reservas recuperables se estiman para Cerro Redondo 58.616.973 toneladas de material de Alto Tenor (Mena) y 20.803.017 toneladas de material no conforme (Estéril), Cerro la Estrella 22.329.021 toneladas de material de Alto Tenor y 3.156.453 toneladas de material no conforme, Cerro Ricardo 11.448.352 toneladas de material de Alto Tenor y 5.499.067 toneladas de material no conforme, para un total de 92.394.346 toneladas de material de Alto Tenor y 29.458.537 toneladas de material no conforme, indicando una relación de explotación de 3:1 superior al plan de explotación del 2014 que arroja una relación de explotación general de 0,95:1 con altura de bando de 15 metros. La flota totaliza 47 equipos, donde 22 son de nueva gama, de estos 14 son Camiones Roqueros Caterpillar 777G de 100 toneladas, 4 son palas hidráulicas Caterpillar 015 de 7,9 Yd³ y 4 son cargadores frontales Komatsu W900 de 12,5 Yd³. Los demás equipos secundarios auxiliares tales como perforadoras, tractores motoniveladoras, grúas, montacargas, camión cisterna, super lowboy, la selección y cantidad se basó en la experiencia y mejores prácticas de la empresa. La cantidad de material explosivo necesario para los 10 años de operación ronda los 33 millones de kilogramos de ANFO y 55 mil kilogramos de emulsión Ultrex. Los metros a perforar durante los 10 años de operación se estiman alrededor de los 1.300.000 metros. La propuesta del trazado preliminar de la línea férrea que comunique el Grupo Redondo con el resto del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro (C.F.S.I), se plantea en dos (2) tramos, uno que empalma en el kilómetro 6 de la actual vía férrea del Cerro Altamira, con una distancia de 5,6 km hasta el muelle de carga, ideado para Cerro Redondo y otro tramo de 7,4 kilómetros que empalma con el primero este llegara hasta el muelle de carga propuesto entre Cerro La Estrella y Cerro Ricardo.

INDICE DE CONTENIDO

	pág.
HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcance de la investigación.....	6
1.5 Limitaciones de la investigación.....	6
CAPÍTULO II.....	7
GENERALIDADES DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	7
2.1 Ubicación del área de estudio.....	7
2.2 Comunicación y acceso.....	9
2.3 Geología Regional.....	11
2.3.1 Yacimientos de Hierro de la Guayana Venezolana.....	13
2.4 Grupo Redondo.....	15
2.4.1 Cerro Redondo.....	16
2.4.2 Cerro Ricardo.....	18

	pág.
2.4.3 Cerro La Estrella.....	19
2.5 Tipos de Mena.....	19
2.5.1 Menas Blandas de Alto Tenor.....	20
2.5.1.1. Finos Negros.....	20
2.5.1.2 Finos Marrones.....	21
2.5.1.3. Limonita Amarilla.....	22
2.5.2 Menas Duras de Alto Tenor.....	23
2.5.2.1 Costra Hematítica.....	23
2.5.2.2 Costra Limonítica.....	23
2.5.2.3 Costra Goetítica.....	24
2.5.2.4 Costra Masiva.....	25
2.5.2.5 Costra Laminada.....	26
2.5.2.6 Costra Silícea.....	26
2.5.3 Menas de Bajo Tenor.....	27
2.5.4 Estéril.....	30
2.6 Rangos de especificaciones químicas de las menas.....	30
2.7 Características físico naturales de la zona.....	33

	pág.
2.7.1 Geomorfología de la zona.....	33
2.7.2 Hidrología.....	33
2.7.3 Clima.....	34
2.7.4 Vegetación.....	34
CAPITULO III.....	36
MARCO TEÓRICO.....	36
3.1 Antecedentes de la investigación.....	36
3.2 Métodos de minería a cielo abierto.....	39
3.2.1 Fosa Abierta (Open Pit).....	39
3.2.1.1 Ventajas del método.....	40
3.2.1.2 Desventajas del método.....	41
3.2.2 Tajo abierto (Open Cut).....	42
3.3 Secuencia de explotación.....	43
3.3.1 Métodos de definición para los límites económicos de una explotación a cielo abierto.....	44
3.3.2 Cono Móvil Optimizante.....	44
3.3.2.1 Secuencia de Extracción de Conos.....	45
3.3.2.2 Conos Con Sobre Carga Asociada.....	50
3.3.3 Secciones Verticales.....	51
3.3.4 Modelo de Bloques.....	52
3.3.5 Parámetros geométricos de una excavación minera a cielo abierto.....	53
3.3.5.1 Ancho de rampa.....	53
3.3.5.2 Ancho de berma.....	54
3.3.5.3 Altura de banco.....	54

	pág.
3.3.5.4 Pendiente de la rampa.....	54
3.3.5.5 Angulo de talud.....	54
3.3.6 Software de planificación minera MINESIGHT.....	54
3.3.6.1 Descripción.....	55
3.3.6.2 Utilidad de MineSight.....	55
3.3.7 Herramienta Pit Expansión Tools de MineSight.....	58
3.4 Clasificación de reservas.....	59
3.4.1 Clasificación De Recursos y Reservas Mineras Según Canadian Institute of Mining (CIM).....	59
3.4.1.1 Recurso Minero.....	59
3.4.1.2 Reserva Minera.....	60
3.5 Explosivos y accesorios de voladura.....	62
3.6 Cálculos de equipos pesados.....	71
3.6.1 Palas mecánicas.....	72
3.6.1.1 Calculo Teórico de Producción.....	72
3.6.1.2 Estimación del Número de Ciclos de la Pala para llenar un...	73
3.6.2 Camiones roqueros.....	74
3.6.2.1 Estimación del Número de camiones.....	74
3.6.2.2 Productividad de los camiones.....	75
3.6.3 Cálculo del número de perforadoras.....	76
3.7 Calculo del patrón de voladura.....	78
3.7.1 Diseño del patrón de voladura.....	79
3.8 Depósitos y/o escombreras.....	84
3.8.1 Tipos de depósitos y/o escombreras.....	85
3.8.1.1 Depósitos y/o escombreras externas.....	85

pág.

CAPITULO IV.....	87
METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	87
4.1 Tipo de investigación.....	87
4.2 Diseño de la investigación.....	88
4.3 Población.....	88
4.4 Muestra.....	88
4.5 Procedimiento de trabajo para la realización de la investigación.....	89
4.5.1 Recopilación de información bibliográfica y antecedentes.....	89
4.5.2 Recopilación de información de datos geoexploratorios.....	91
4.5.3 Organización, depuración e interpretación de los datos geoexploratorios.....	93
4.5.4 Evaluación del modelo geológico y cálculo de reservas Geológicas.....	93
4.5.5 Establecimiento de los parámetros geométricos y de diseño.....	98
4.5.6 Diseño de la fosa final y reservas recuperables.....	98
4.5.7 Diseño de rampa principal para apertura del Yacimiento.....	102
4.5.8 Ubicación y diseño de botaderos, talleres y servicios.....	103
4.5.9 Selección de las especificaciones técnicas de los equipos.....	110
4.5.10 Calculo del número de equipos principales.....	110
4.5.11 Establecimientos de las condiciones y parámetros para voladuras.....	113
4.5.12 Calculo de cantidad de explosivos y accesorios.....	113
4.5.13 Revisión de la topografía de la zona para línea férrea.....	114
4.5.14 Comparación de los volúmenes anuales a extraer de cada cerro.....	114
4.5.15 Trazado preliminar de la línea férrea para cada cerro.....	114
4.5.16 Evaluación cualitativa preliminar de las líneas férreas Propuestas.....	117

	pág.
CAPITULO V.....	118
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	118
5.1 Reservas geológicas del Grupo Redondo.....	118
5.2 Diseño de explotación, reservas recuperables, botaderos y talleres.....	120
5.2.1 Botaderos y talleres.....	125
5.3 Calculo de los equipos principales, auxiliares y material explosivo.....	129
5.4 Planteamiento cualitativo del trazado preliminar de la línea férrea para el transporte del mineral extraído de los yacimientos del Grupo Redondo.....	139
CAPITULO VI.....	142
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
6.1 Conclusiones.....	142
6.2 Recomendaciones.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	146
ANEXOS.....	149

LISTA DE FIGURAS

	pág.
2.1 Ubicación Relativa de los Yacimientos. Estudio de los Yacimientos, informe interno (Jefatura de Área de Geología. C.V.G Ferrominera Orinoco 2001).....	8
2.2. Áreas de Operaciones.....	9
2.3 Mapa Generalizado de las Provincias del Escudo de Guayana. Mendoza (1995).....	11
2.4 Columna Litológica y Esquema de Enriquecimiento Supergénico de los Yacimientos. Mendoza (1995).....	13
2.5 Ubicación relativa de los Yacimientos del Grupo Redondo.....	16
2.7 Finos Negros.....	20
2.8. Finos Marrones.....	21
2.9. Finos Silíceos (textura laminada).....	22
2.10. Finos muy Silíceos.....	22
2.11 Costra Hematítica.....	23
2.12 Costra Limonítica.....	24
2.13 Costra Goetítica.....	25
2.14 Costra Masiva.....	25
2.15 Costra Laminada.....	26
2.16 Costra Silícea.....	27
2.17 Cuarcita Ferruginosa Friable.....	28
2.18 Cuarcita Ferruginosa Dura.....	28
2.19 Laterita.....	31
2.20 Gneis.....	31

	pág.
3.1 Panorámica del método de explotación empleado en C.V.G Ferrominera Orinoco C.A.....	43
3.2 Perfil de un Modelo de Bloques Sometido al Algoritmo del Cono Móvil Optimizante.....	46
3.3 Esquema Donde se Representa el Beneficio que Aporta la Extracción de Cada Bloque.....	47
3.4 Esquema que Representa la Construcción del Cono en el Bloque Uno.....	48
3.5 Esquema que Representa la Construcción del Cono en el Bloque.....	49
3.6 Esquema que Representa la Construcción del Cono en el Bloque.....	49
3.7 Esquema de Bloques con Sobre Carga Asociada.....	50
3.8 Esquema Donde se aprecia la conveniencia de analizar los bloques como un conjunto.....	51
3.9 Sección Geológica Vertical del Cerro Redondo.....	52
3.10 Clasificación de Recursos y Reservas Desarrollada por la firma Muysquin Consultoría.....	61
3.11 Exel TD, (Detonador de Superficies).....	62
3.12 Exel MS, (Detonador De Fondo).....	63
3.13 Exel Handidet, (Detonador compuesto por dos cápsulas).....	64
3.14 Exel Conectada Superficie.....	65
3.15. Sistema tubo de choque Lead in Line Iniciación no eléctrica.....	65
3.16 Boosters Pentex (450 gr y 150 gr)	67
3.17 Detonador fulminante.....	67
3.18 Mecha lenta o de seguridad.....	68
3.19 Cordón detonante reforzado.....	69
3.20 Camión mezclador de Nitrato de Amonio.....	70
3.21 Emulsión encartuchada.....	71

	pág.
3.22. Retiro de los Barrenos.....	80
3.23 Altura de Banco.....	82
3.24 Espaciamiento y Retiro.....	82
4.1 Flujograma de actividades para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.....	90
4.2 Sondeos y descripción litológica de Cerro Redondo.....	91
4.3 Sondeos y descripción litológica de Cerro La Estrella.....	92
4.4 Sondeos y descripción litológica de Cerro Ricardo.....	92
4.5 Asignación de destino.....	94
4.6 Asignación del archivo (dest5.cla).....	95
4.7 Inicialización del modelo.....	96
4.8 Asignación de ítems.....	96
4.9 Asignación de rangos para calcular valor económico.....	97
4.10 Aplicación de la formula Neto2.....	97
4.11 Diseño de la fosa utilizando las herramientas de Expansión.....	99
4.12 Vista en 2D de la Fosa Final.....	100
4.13 Generación de Archivos parciales.....	100
4.14 Fosa interceptada con la topografía del yacimiento (vista en 3D).....	101
4.15 Herramienta para calcular reservas recuperables.....	102
4.16 Aplicación de la herramienta MineSight 3D para rampas de acceso.....	103
4.17 Aplicación de las herramientas construcción de depósitos.....	104
4.18 Representación esquemática de las escombreras y/o depósitos Proyectados.....	106
4.19 Patrón de perforación usado en la empresa.....	112
4.20 Mapa con la topografía general. Grupo Redondo.....	115

	pág.
4.21 Trazados preliminares empalmados a la línea férrea actual del cerro Altamira. Grupo Redondo. Opción A, Línea verde. Opción B, Línea Azul. Opción C, Línea Negra.....	116
5.1 Fosas finales del Grupo Redondo para mineral de alto tenor.....	120
5.2 Fosa final de excavación Cerro Redondo.....	121
5.3 Fosa final de excavación Cerro La Estrella.....	122
5.4 Fosa final de excavación Cerro Ricardo.....	123
5.5 Secuencia de excavación por año para los yacimientos del grupo redondo.....	126
5.6 Depósitos o botaderos tortas o pilas.....	127
5.7 Depósitos y botaderos tipo tortas o pilas diseñadas para el grupo redondo.....	128
5.8 Ubicación y detalles de las áreas de servicio y mantenimiento de minas del Grupo Redondo.....	129
5.9. Planteamiento preliminar de la vía férrea para el Grupo Redondo.....	140

LISTA DE TABLAS

	pág.
2.1 Menas Blandas de Alto Tenor.....	32
2.2 Menas Duras de Alto Tenor.....	32
2.3 Menas de Bajo Tenor.....	32
2.4 Estériles.....	33
3.1 Dimensiones de Diámetros de los Barrenos.....	80
3.2 Valores Tentativos de Parámetros Geométricos.....	81
3.3 Dimensiones de Altura de Bancos.....	81
4.1 Especificaciones técnicas Camión Roquero 777G Caterpillar.....	107
4.2 Especificaciones técnicas Pala hidráulica 6015 Caterpillar.....	108
4.3. Especificaciones técnicas Cargador frontal Komatsu WA900-3.....	108
4.4 Especificaciones técnicas Perforadora Terex- Redrill R70C (9 7/8”)...	108
4.5. Especificaciones técnicas Perforadora Atlas Copco FR-912 (4”).....	109
4.6 Especificaciones técnicas Tractor de orugas D10T Caterpillar.....	109
4.7. Especificaciones técnicas Motoniveladora 16 Caterpillar.....	109
4.8 Esquema y cálculo de las horas efectivas para las minas de Grupo Redondo.....	111
5.1 Recursos Geológicos Indicados del Grupo Redondo.....	119
5.2 Recursos Geológicos Medidos del Grupo Redondo.....	119
5.3 Toneladas totales extraídas del Grupo Redondo.....	123
5.4 Extracción de mineral de alto tenor total y no conforme Cerro Redondo.....	124
5.5 Extracción de mineral de alto tenor total y no conforme Cerro La Estrella.....	124
5.6 Extracción de mineral de alto tenor total y no conforme Cerro Ricardo.....	125
5.7 Toneladas de material no conforme destinado a los depósitos y/o botaderos.....	127
5.8 Disponibilidad física de los equipos principales.....	130

	pág.
5.9 Horas efectivas de trabajo.....	130
5.10 Especificaciones técnicas de los camiones CAT 777G.....	131
5.11 Cantidad de camiones CAT 777G. Grupo Redondo.....	132
5.12 Especificaciones técnicas de las palas Hidráulicas CAT 6015.....	132
5.13 Cantidad de palas hidráulicas CAT 6015. Grupo Redondo.....	133
5.14 Lista de equipos necesarios para la producción en Grupo Redondo.....	133
5.15 Resumen de la cantidad de explosivo necesaria para las voladuras en Cerro Redondo.....	134
5.16 Resumen de la cantidad de accesorios necesarios en las voladuras de Cerro Redondo.....	135
5.17 Resumen de la cantidad de explosivo necesaria para las voladuras en Cerro La Estrella.....	135
5.18 Resumen de la cantidad de accesorios necesarios en las voladuras de Cerro La Estrella.....	136
5.19 Resumen de la cantidad de explosivo necesaria para las voladuras en Cerro Ricardo.....	136
5.20 Resumen de la cantidad de accesorios necesarios en las voladuras de Cerro Ricardo.....	137
5.21 Metros a perforar por año. Cerro Redondo.....	137
5.22 Metros a perforar por año. Cerro La Estrella.....	138
5.23 Metros a perforar por año. Cerro Ricardo.....	138
5.24 Descripción de las coordenadas y ubicación de la línea férrea y muelle de carga de Cerro Redondo.....	141
5.25 Descripción de las coordenadas y ubicación de la línea férrea y muelle de carga de Cerro La Estrella y cerro Ricardo.....	141

LISTA DE ANEXOS

	pág.
A. Calculo de la cantidad de equipos de carga y acarreo (Camión y pala)...	150
B . Topografía final de Cerro Redondo.....	154
C . Topografía final de Cerro La Estrella.....	155
D . Topografía final de Cerro Ricardo.....	156

INTRODUCCIÓN

El principio fundamental de la planificación minera es la de investigar y explorar para establecer áreas de explotación que cumplan con las especificaciones de calidad y de acuerdo con los parámetros financieros permitan ejecutar una minería rentable, cuidando y minimizando los impactos ambientales.

Ferrominera Orinoco C.A. (F.M.O), se encarga de extraer, beneficiar, transformar y comercializar el mineral de hierro con productividad, sustentabilidad y calidad, beneficiando primordialmente al sector siderúrgico nacional. Para lograr esta misión cuenta actualmente con una gran cantidad de yacimientos Ferrífero ubicados en las cercanías de Ciudad Piar, localidad que se encuentra en el estado Bolívar, algunos de estos yacimientos están siendo explotados mediante operaciones mineras a cielo abierto, mientras otros fueron evaluados en términos de recursos y reservas, pero están inactivos.

La Jefatura de Área de Planificación de Mina y Geología de C.V.G. FERROMINERA ORINOCO, C.A. en su labor de investigar, evaluar y poner a disposición de la empresa nuevos yacimientos para la explotación de mineral de hierro, se plantea el requisito de elaborar un anteproyecto de explotación para Grupo Redondo para determinar la factibilidad económica y técnica de la apertura de estos yacimientos.

Actualmente C.V.G. FERROMINERA ORINOCO, C.A. tiene en explotación tres minas del Cuadrilátero Ferrífero que son: San Isidro, Las Pailas y Los Barrancos. El cerro Altamira y Cerro Bolívar estuvieron en producción desde su reapertura, pero cesaron operaciones alrededor de los años 2018 y 2012 respectivamente.

Desde los años 90 se están realizando exploraciones en el sector denominado Grupo Redondo por la empresa Ferrominera Orinoco C.A. en el distrito Ferrífero Piar, el cual está conformado por el Cerro Redondo, Cerro Ricardo y Cerro La Estrella, con el objetivo de generar recursos explotables económicamente, de manera de sumar reservas probadas a los yacimientos ferríferos.

Con esto se busca que, el recurso mineral generado en Grupo Redondo sea empleado para mezclas con los materiales generados por las otras minas en producción, y dado que el yacimiento en cuestión posee una cantidad considerable de cuarcita friable y dura, ésta puede ser aprovechada por la planta de concentración de menas cuando la misma entre en operaciones.

En tal sentido, en este trabajo se desarrolló una actualización parcial del plan de explotación de los yacimientos que conforman el Grupo Redondo del Distrito Ferrífero Piar para un periodo a largo plazo de 10 años, a fin de aumentar y mejorar las reservas recuperables de los estudios previos que datan de los años 2003 y 2014 de González Franklin y Bolívar Enyerberth respectivamente. Para esta investigación se aplicó el Software MineSight®3D versión 5.50 para el cálculo de las reservas explotables de alto y bajo tenor a partir de los sondeos geoexploratorios existentes a la fecha y las especificaciones de calidad, así como también, se diseñó el pit limit para cada zona del Grupo Redondo. Se calculó la cantidad de equipos principales y auxiliares necesarios para la producción en el Grupo Redondo, cantidad de explosivos y una propuesta del trazado de la línea férrea.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente Ferrominera Orinoco C.A. (F.M.O) tiene en operación tres (3) minas y ellas son: San Isidro, Los Barrancos y Las Pailas. Estos yacimientos son explotados desde hace mucho tiempo, lo que ha provocado una disminución de su cantidad de reservas y la calidad del material, generando un problema ya que, F.M.O tiene la obligación de suministrar un mineral de hierro de buena calidad y garantizar una alta producción para satisfacer la demanda existente de su producto en el mercado nacional e internacional.

Dada las circunstancias en las que se encuentra F.M.O, tiene la necesidad de aumentar su producción, garantizado una buena calidad de mineral, por lo tanto, se estima iniciar la operación y explotación de nuevas minas. Para este fin, se dispone de tres (3) yacimientos que han venido siendo evaluados en términos de reservas geológicas, y el último estudio que fue realizado en el 2014 por Bolívar Enyerberth trató de la secuencia de explotación a 10 años. Estos yacimientos centro de la investigación, en conjunto son conocidos como Grupo Redondo, el cual está conformado por Cerro Redondo, Cerro La Estrella y Cerro Ricardo. Ahora bien, para la puesta en operación de estos yacimientos en primer lugar, es necesario verificar las reservas recuperables de cada uno de ellos para un periodo de largo plazo indicado a 10 años, de manera que cumplan con las exigencias del mercado en términos de calidad y cantidad.

El propósito a cumplir es, actualizar parcialmente el plan de explotación y desarrollo preliminar del Grupo Redondo que permita establecer y planificar posteriormente a detalle todas las operaciones necesarias para la puesta en producción de estas áreas, que incluya el cálculo de costos y evaluación técnico-económica.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Actualizar parcialmente el plan de explotación a 10 años de los yacimientos que conforman el Grupo Redondo (Cerro Redondo, Cerro la Estrella, Cerro Ricardo), del territorio Ferrífero Piar para un periodo de largo plazo en C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A Municipio Bolivariano Angostura, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

- Calcular las reservas geológicas presentes en el Grupo Redondo por medio del Software MineSight 3D versión 5.50.
- Elaborar diseño de explotación a emplear de acuerdo al modelo geológico y características de los yacimientos del Grupo Redondo por medio del Software MineSight 3D versión 5.50.
- Calcular los equipos principales y auxiliares necesarios para la extracción y procesamiento de las reservas recuperables obtenidas del Grupo Redondo, así como también, el material explosivo requerido.
- Plantear cualitativamente el trazado preliminar de la línea férrea para el transporte del mineral extraído de los yacimientos del Grupo Redondo.

1.3 Justificación de la investigación

La planificación es una herramienta vital para el desarrollo exitoso de una explotación minera, esta permite la distribución de las actividades necesarias para cumplir con una cuota del plan de producción futuro, considerando los factores geológicos, ambientales, técnicos y económicos que en momento determinado y a largo plazo pudieran afectar las actividades de producción de la mina.

La planificación de la explotación de mineral para periodos largos de tiempo (anual, quinquenal, etc.) permite pronosticar las actividades a realizar de acuerdo a las condiciones actuales y del momento futuro en el que se planean ejecutar, permitiendo garantizar un inventario de recursos minerales y así asegurar el logro de los objetivos propuestos en materia de producción.

En la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. se realiza una planificación anual, la misma tiene como meta la producción de cierta cantidad de mineral de hierro para el consumo de industria siderúrgica nacional como para exportación, es así como la gerencia de mina en base a ese requerimiento debe planificar los lugares de donde extraerá material para garantizar el mineral a largo plazo.

En tal sentido, C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. tiene como propósito diseñar planes de explotación a largo plazo para cada uno de los yacimientos que conforman el Grupo Redondo para un periodo de 10 años, con el objetivo de aumentar las reservas recuperables de la empresa, tomando en consideración las especificaciones de calidad tanto para consumo interno como para exportación, por lo que se considera que este estudio es de gran utilidad para la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., específicamente para el Departamento de Planificación de Minas, ya que, el estudio les servirá de base para evaluar las futuras explotaciones de estos yacimientos,

1.4 Alcance de la investigación

El desarrollo del proyecto se ejecutó sobre la base de datos de tres yacimientos de mineral de hierro que están en jurisdicción de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., estos son conocidos con los nombres de: Cerro Redondo, Cerro La Estrella y Cerro Ricardo. La investigación profundiza en la estimación de reservas explotables tanto de alto tenor como de bajo tenor con la aplicación del Software MineSight®3D versión 5.50 mediante el método de explotación (Open Pit), mejorando así el tenor y la cantidad de reservas recuperables, así como también, la determinación de los equipos mineros principales, auxiliares y el material explosivo necesario para el arranque del mineral. Por ser de índole parcial, este plan de explotación no incluye cálculo de costos ni evaluación técnico-económica financiera.

1.5 Limitaciones de la investigación

Los objetivos planteados en la investigación fueron cumplidos en su totalidad por lo que no hubo limitaciones que menoscabaran en el propósito de la investigación. Pero cabe resaltar que debido a la confidencialidad de la base de datos de los sondeos geoexploratorios, no se pudo tener acceso directo a los datos, por lo que se trabajó directamente con la base de datos ya depurada y previamente cargada en el software. El objetivo número 4 no se cumplió al 100%, ya que, se tuvo inconvenientes para la obtención de los perfiles topográficos de la ruta propuesta para la línea férrea por situaciones de confidencialidad estratégica de la empresa, lo que solo permitió un análisis cualitativo del mismo.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se ubica en el Distrito Ferrífero de Piar en el Estado Bolívar, en la parte Nor-central de la Guayana Venezolana. Está conformado por los yacimientos del Grupo Redondo estos son tres cerros equidistantes entre sí, (Cerro Redondo, Cerro Ricardo y Cerro La Estrella), cercanos al Cuadrilátero Ferrífero San Isidro conformado por los yacimientos (San Isidro, Los Barrancos, Las Pailas y Cerro Bolívar), específicamente se encuentra ubicado entre $63^{\circ} 10'$ - $63^{\circ} 20'$ de longitud Oeste y entre $7^{\circ} 20'$ - $7^{\circ} 30'$ de latitud Norte, cercanos a Cerro Altamira, todos estos yacimientos nombrados anteriormente pertenecen al Distrito Ferrífero Piar.

Desde el punto de vista político-administrativo, está ubicada en el Municipio Bolivariano Angostura del Estado Bolívar, aproximadamente a unos 17 Km al Sur-oeste de Ciudad Piar, 120 Km al Sur-este de Ciudad Bolívar y a 140 Km de Puerto Ordaz

En la Figura 2.1 se observa la ubicación relativa de los yacimientos que conformaron el área en estudio, donde se encuentran: Cerro Los Barrancos, Cerro San Isidro, Cerro Las Pailas, Cerro Altamira estos cercanos al Grupo Redondo y un poco más retirado el Cerro Bolívar.

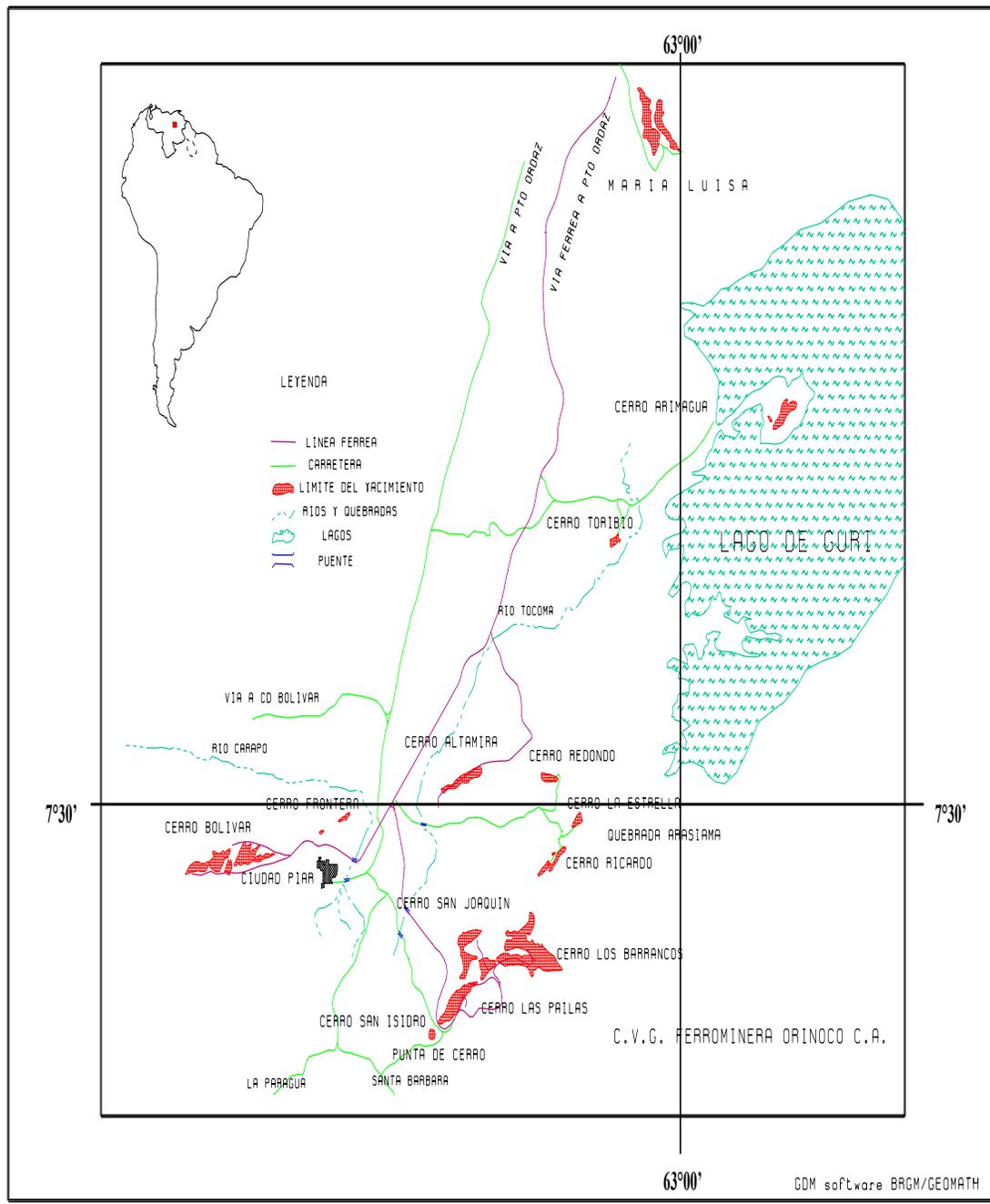


Figura 2.1 Ubicación Relativa de los Yacimientos. Estudio de los Yacimientos, Informe interno (Jefatura de Área de Geología. C.V.G Ferrominera Orinoco 2001).

2.2 Comunicación y acceso

Las zonas del Distrito Ferrífero de Piar se encuentran interconectadas al sistema nacional de vialidad mediante carreteras asfaltadas que parten desde Ciudad Bolívar (115 km) y Puerto Ordaz (140 km), ambas en buenas condiciones. La comunicación desde el Cuadrilátero Ferrífero con Ciudad Piar se efectúa por medio de una carretera asfaltada de aproximadamente 15 km de longitud hasta el Puesto de Vigilancia. A partir de este punto existe un sistema de carreteras de granza que permiten la comunicación con los yacimientos vecinos de San Isidro y Los Barrancos. El Cerro Altamira da referencia para el acceso al Grupo Redondo. En la Figura 2.2 se tiene más detalles las áreas de operaciones y el acceso que estas poseen entre sí.



Figura 2.2. Áreas de Operaciones.

La comunicación de los yacimientos con Ciudad Piar y que dan referencia para el acceso al Grupo Redondo es de la manera siguiente:

1.- Cerro San Isidro, al suroeste del cuadrilátero, a 12 Km en línea recta al Suroeste de Ciudad Piar.

2.- Cerro San Joaquín, que es la parte noroeste de cerro Las Pailas, es la parte norcentral de Ciudad Guayana y 12 Km de Ciudad Piar.

3.- Cerro Los Barrancos: está situado al noreste del Cuadrilátero San Isidro.

4.- Cerro Las Pailas: está situado al centro de gravedad del cuadrilátero, donde es rodeado por el Cerro San Joaquín hacia el noroeste, por Los Barrancos el noreste y por San Isidro hacia el suroeste, por tal razón sirve de enlace con todos los yacimientos del Cuadrilátero.

5.- Cerro Altamira, está situado a 15 Km al Noreste de Ciudad Piar, este es el yacimiento más cercano al área de estudio.

Además de la comunicación vial, se cuenta con una pista de aterrizaje en las inmediaciones de Ciudad Piar que permite la llegada de aviones de mediano tamaño. También se localizan una serie de helipuertos distribuidos en varias zonas de la región. La vía de comunicación mediante la cual se transporta el mineral de hierro consiste en una línea férrea que se extiende desde diferentes muelles de carga (actualmente en San Isidro y en Los Barrancos) hasta Puerto Ordaz, con una longitud de 136 kilómetros.

2.3 Geología Regional

Una buena porción de los yacimientos minerales en Venezuela integra una extensa región geológica conocida con el nombre del Escudo de Guayana, el cual comprende un área de aproximadamente de 425.000 Km² (Mendoza 1.977), y es uno de los más antiguos, pues se han calculado edades entre 2.000 y 3.400 millones de años, siendo así de mayor importancia económica por sus mineralizaciones. En la Figura 2.3 se ven reflejadas las Provincias del Escudo de Guayana

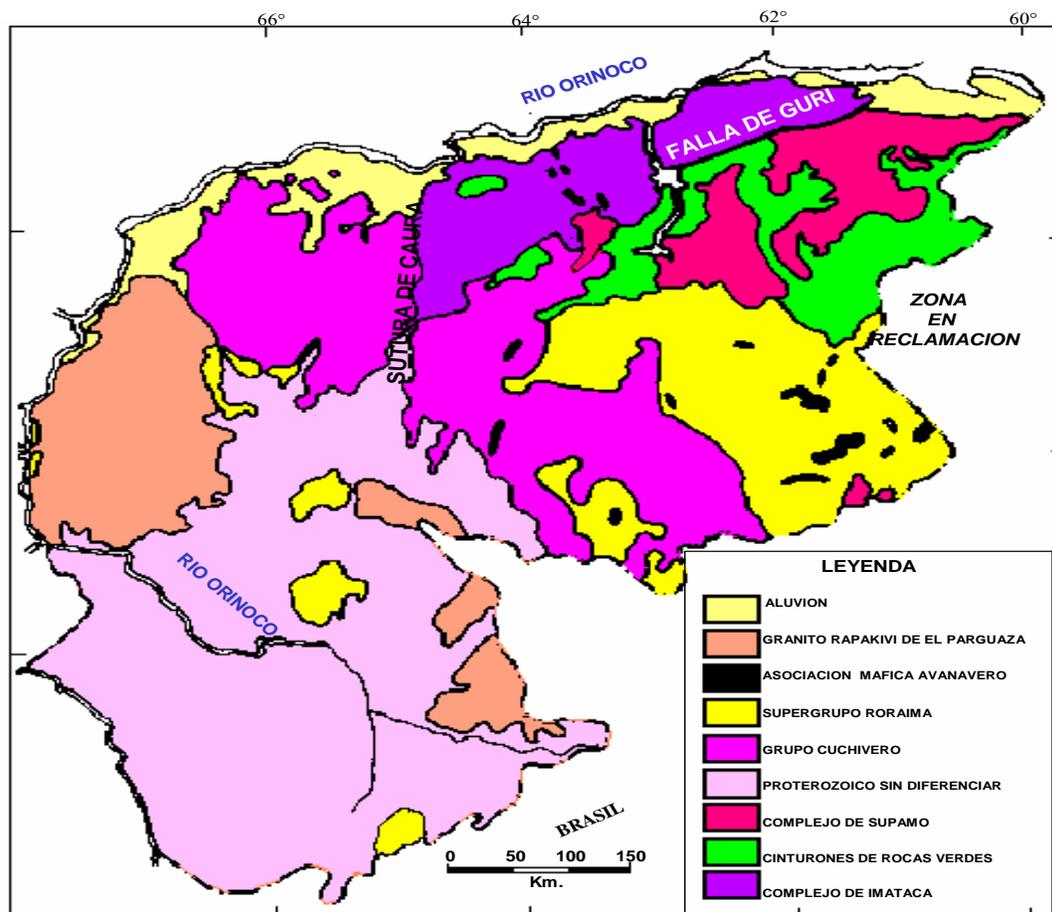


Figura 11. MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DEL ESCUDO DE GUAYANA (tomado de Sidder y Mendoza, 1995)

Las formaciones de hierro en Venezuela se encuentran en la Provincia de Imataca, la cual forma parte de este Escudo. Se trata de una secuencia de sedimentos de más de 4.000 metros de espesor constituida por cuarcitas ferruginosas, que, por su mayor resistencia a la erosión, forman serranías alargadas y arqueadas dominadas por complejos estructurales. Dichas cuarcitas están intercaladas por rocas más blandas (gneis) que forman las sabanas circunvecinas, por granitos plegados en forma compleja e intrusiones de granitos posteriores y otras rocas magmáticas que cortaron a las otras en diferentes direcciones (intrusiones ígneas).

Las rocas que constituyen el Complejo Imataca afloran en la parte Norte del Estado Bolívar, al Este del Río Caura y corren paralelas al Río Orinoco y penetran en el Estado Delta Amacuro, formando un cinturón Norte-Sur de 510 kilómetros de longitud y son hasta el presente las rocas más antiguas (3500-3600 millones de años) conocidas en la parte Nor-Oriental del Escudo Guayanés.

La litología característica del Complejo Imataca está constituida de gneises máficos y félsicos interestratificados con capas de cuarcitas y cuarcitas ferruginosas, granulitas, esquistos anfibólicos, anfibolita, mármoles dolomíticos y areniscas cuarcíferas; también se encuentran intrusiones de rocas graníticas y básicas, diques y sills de diabasa y pegmatita, así como vetas de aplita y cuarzo.

Los yacimientos de alto tenor del Distrito Ferrífero Piar se originaron a partir de la cuarcita ferruginosa por enriquecimiento Supergénico, y el proceso que genera la mena en remoción por meteorización de la sílice y los silicatos de cuarcita ferruginosa con consiguiente la concentración residual de óxidos e hidróxidos de hierro. Están relacionadas genética y estructuralmente con las formaciones de hierro de Imataca, las cuales afloran generalmente en la parte superior de las montañas cuyas alturas sobrepasan los 450 metros sobre el nivel del mar.

La Figura 2.4, representa la columna litológica de los yacimientos y el enriquecimiento Supergénico de los mismos.

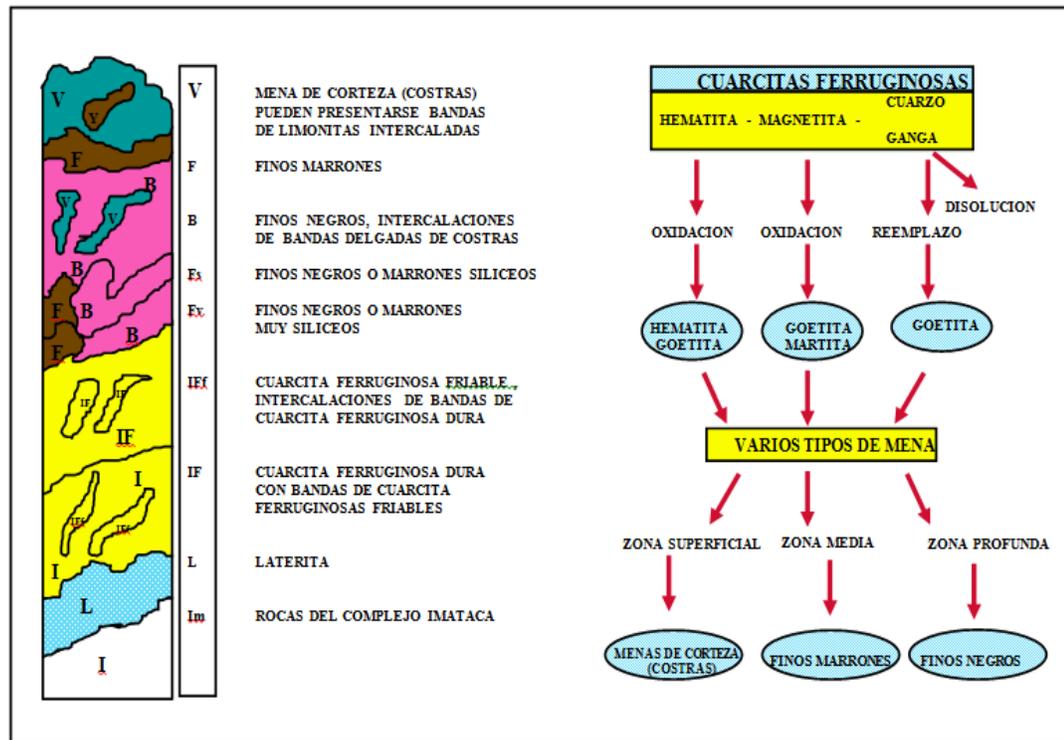


Figura 2.4 Columna Litológica y Esquema de Enriquecimiento Supergénico de los Yacimientos. Mendoza (1995)

2.3.1 Yacimientos de Hierro de la Guayana Venezolana

Existen dos tipos de yacimientos:

1. Depósitos de menas primarias.
2. Depósitos de menas secundarias superficiales.

Los depósitos de menas primarias se presentan típicamente como reemplazos de hematita y magnetita, en las cuarcitas ferruginosas del Complejo Imataca. Forman masas compactas y lentes, y están relacionadas genéticamente con metamorfismo regional o de contacto.

Los depósitos de menas secundarias superficiales se derivan de la lixiviación de las cuarcitas ferruginosas del Complejo Imataca bajo condiciones de meteorización tropical. Todos los grandes yacimientos secundarios que se conocen se encuentran al oeste del río Caroní; las minas de Cerro Bolívar y Cerro San Isidro son ejemplos típicos, de los cuales se puede describir tres (3) aspectos fundamentales:

1. Caracteres generales de los yacimientos secundarios: Estos yacimientos se han formado por concentración residual de óxidos e hidróxidos de hierro a partir de las cuarcitas ferruginosas del Complejo Imataca, las cuales son rocas sedimentarias metamorfizadas. Generalmente forman capas de 1 a 10 m de espesor, aunque localmente pueden alcanzar 100 m o más a lo largo del rumbo. Como el proceso de concentración residual alcanza de 50 a 100 m de profundidad, se requieren afloramientos originales de gran superficie para el desarrollo de yacimientos secundarios de gran tonelaje. Los yacimientos secundarios están ubicados típicamente en la parte superior de la ladera de los cerros, cuyas cumbres están soportadas por cuarcitas ferruginosas.

2. Sedimentación de las cuarcitas ferruginosas: Las cuarcitas ferruginosas del Complejo de Imataca son sedimentos metamorfizados de estructura laminar y generalmente de grano fino que se encuentran como miembros concordantes en la secuencia de esquistos y gneises cristalinos. La zona de afloramientos tiene un ancho de 50 a 120 km y se extiende a lo largo de la margen norte del Escudo de la Guayana Venezolana. Los componentes esenciales de las cuarcitas son cuarzo y hematita-magnetita.

Las láminas sucesivas son alternativamente ricas en hierro y sílice. Esta sucesión rítmica de láminas resulta un tanto compleja al explicarla por medio de procesos normales de meteorización, ya que no existe afinidad química entre ambos componentes. Tampoco el proceso sedimentario corriente da lugar a sedimentos de laminación mineralógica tan uniforme a lo largo de una zona de afloramientos tan extensa. La asociación de hierro y sílice, así como la estructura laminar rítmica que se presenta en los afloramientos, se ha tratado de explicar a la luz de cambios en el ambiente sedimentario, tales como el PH, la salinidad de la cuenca o las variaciones climáticas estacionales.

3. Zona de afloramientos: Las capas de cuarcita ferruginosa aflora en un área que se extiende desde la Guayana Inglesa al este, hasta la zona de El Trueno al oeste y desde el río Orinoco al norte, hasta la región de Cerro Bolívar al sur. Dichas capas se presentan como miembros intercalados en la sucesión estratigráfica de esquistos y gneises cristalinos. El espesor medio de los miembros de cuarcita varía de 1 a 4 m; pueden ser capas individuales o capas múltiples más delgadas intercaladas con esquistos intensamente meteorizados. En algunos casos, estos miembros aumentan su espesor hasta 10 m. Las capas son lateralmente muy extensas y su aspecto global en los afloramientos es similar al de la estratificación gradual en las grauvacas. No se observa en estas rocas rasgos como la estratificación cruzada y rizaduras.

2.4 Grupo Redondo

El grupo redondo está conformado por tres (3) yacimientos en los cuales se realizó la presente investigación, ellos son: Cerro Redondo, Cerro Ricardo y Cerro La Estrella, a continuación, se describen cada uno de ellos. Ver Figura 2.6

2.4.1 Cerro Redondo

❖ Localización y Acceso

El Cerro Redondo se encuentra a 25 Km al Noreste de Ciudad Piar, entre los cerros Altamira y la Estrella; y su acceso se logra a través de una vía engranzonada que es la continuación de la carretera Ciudad Piar – Yacimiento Altamira.

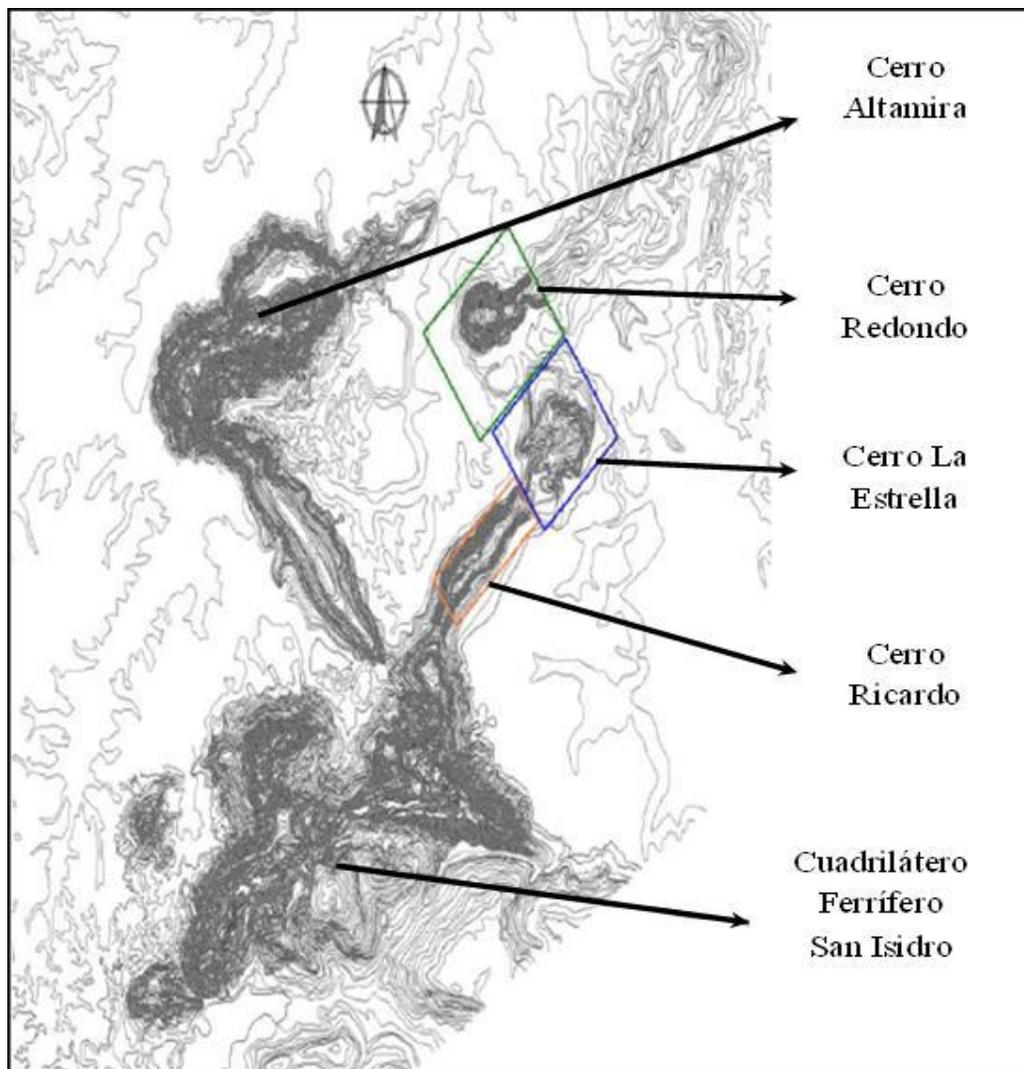


Figura 2.5 Ubicación relativa de los Yacimientos del Grupo Redondo

❖ Geología Local

La cobertura superficial del Cerro Redondo presenta la siguiente composición proporcional: canga (45%), ripios (23%), costras (15%), bloques de canga (14%), finos y laterita (4%).

La mena en profundidad mantiene el mismo comportamiento anómalo observado en las muestras de superficie de acuerdo a los resultados de los análisis químicos de los sondeos. Es importante resaltar el hecho de que los horizontes de cuarcita presentan con mucha frecuencia altos valores de fósforo, como consecuencia de su limonitización. Esta anomalía se presenta debido a condiciones extremas de hidratación a que fueron sometidas las menas, haciéndose más limoníticas, debido a la presencia de abundantes zonas de cizalla hacia la parte central del yacimiento siguiendo la tendencia de la elongación del cerro. De esta manera, se consigue que el borde Noroeste del cerro está compuesto de costras masivas y limoníticas formando grandes escarpes; esta expresión geomorfológica corresponde a zonas de afloramientos de cuarcitas, sin embargo, las condiciones extremas de lixiviación redujeron estos escarpes de cuarcitas a escarpes de costras. Mientras que en el borde sur-este, en un frente de excavación antiguo, se observa grandes espesores de canga de cinco (5) a seis (6) metros, en contacto directo con una cuenca de finos negros. Este tipo de contacto litológico de acuerdo al orden de yacimiento de las menas no es usual observarlo en los depósitos del cuadrilátero Ferrífero (CVG-FMO “Informe Geológico del Cerro Redondo”, s.f.).

Debido a restricciones en la construcción de accesos para perforar en el área Nor-central, solo se realizaron cinco (5) sondeos que registraron horizontes de costras limoníticas; mientras que la evaluación del área Sur - Este sirvió para verificar que los finos negros expuestos por una antigua intervención, no tienen continuidad, limitándose su presencia a bolsones muy puntuales con un espesor promedio de 60 m.

Los sondeos geoexploratorios cortaron horizontes de cuarzo ahumado con tonalidades muy oscuras a negras que hacen sospechar la presencia de sílice libre en el mineral, lo cual puede ser consecuencia de la cercanía de un cuerpo radiactivo (CVG-FMO “Informe Geológico del Cerro Redondo”, s.f.).

❖ Geología Estructural Local

La información generada por la evaluación geológica de superficie y la interpretación de los resultados obtenidos en los sondeos geoexploratorios, permiten afirmar, que la estructura principal del Cerro Redondo consiste en un sinclinal asimétrico con plano axial concordante con la elongación del cerro (Nor-este), con inmersión al sur-oeste y buzamiento hacia el sur-este con doble pliegue secundario muy cerrado, que encierra bolsones de finos negros entre horizontes lateríticos (CVG-FMO “Informe Geológico del Cerro Redondo”, s.f.).

2.4.2 Cerro Ricardo

❖ Localización y Acceso

El Cerro Ricardo se encuentra en el Municipio Bolivariano Angostura del estado Bolívar aproximadamente a 100 km al Sur de Ciudad Bolívar, a ciento quince (115) Kilómetros al Sureste de Puerto Ordaz y a veinte seis (26) Kilómetros de Ciudad Piar, sus coordenadas exactas son; longitud $63^{\circ} 01' 01''$ y latitud $7^{\circ} 40' 07''$. El acceso a este Cerro se logra a través de una carretera rural de 19,5 Kilómetros, la cual une al yacimiento con la carretera asfaltada Ciudad Piar- Puerto Ordaz (Ascanio, 1976).

❖ Geología Local

El Cerro Ricardo está constituido por una formación de hierro de grano fino plegada en forma sinclinal, en la parte superior de la columna estratigráfica expuesta las formaciones de hierro son lenticulares y además según el plano geológico se encuentra atravesado por varias fallas (Ascanio, 1976).

Contiene menas tipo Cerro Bolívar que se clasifican en: Mena Residual, formación de hierro meteorizado blando y formación de hierro seco.

2.4.3 Cerro La Estrella

❖ Localización y Acceso

Está localizado a 27 Kilómetros en línea recta al este de Cerro Bolívar al cual está relacionado geológica y estructuralmente. Se accede a través de la carretera Ciudad Piar- Cerro Altamira- Cerro Redondo (Ascanio, 1976).

❖ Geología Local

La estrella es un yacimiento de formación de hierro laminada de grano fino (cuarcita ferruginosa) a partir de la cual se han formado por meteorización depósitos residuales de mena con más de 55% de hierro seco.

2.5 Tipos de Mena

Las menas se clasifican de acuerdo a su contenido de Hierro en; Menas de Alto Tenor ($\geq 55\%$) y Menas de Bajo Tenor ($< 55\%$). En relación a los tipos litológicos de menas de hierro de alto tenor está basado en dos grupos: menas duras o costras y

menas blandas o friables conocidos como finos. En ambos casos, las menas se subdividen en diferentes subtipos de acuerdo a sus características físicas y químicas, y a su textura.

2.5.1 Menas Blandas de Alto Tenor

Son llamadas finos y su aspecto es como arena suelta, son moderadamente hidratados con alta porosidad. Si presentan textura laminar son llamados Finos Laminados. Usualmente existen como grandes masas debajo de las menas duras o interestratificados formando bolsadas que se hacen menos densas a profundidad. Se clasifican en los siguientes subtipos:

2.5.1.1. Finos Negros: están mineralógicamente compuestos de hematita y martita (como un producto de alteración de magnetita), con una baja proporción de aproximadamente 2-3% de goetita, pequeñas cantidades de cuarzo y pequeños granos de arcilla. Tiene color gris metálico y contienen hasta 69% de hierro seco, se observa en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Finos Negros

2.5.1.2 Finos Marrones: estos muestran una pequeña variación química en comparación con los finos negros, dada por un incremento del contenido de alúmina y pérdida por ignición debido al incremento de goetita y minerales alumínicos. Tal como se observa en la Figura 2.8 tienen un color marrón claro oscuro, y se encuentran usualmente en los depósitos sobre los finos negros y debajo de las costras superficiales.

Al mismo tiempo, los finos negros y marrones están subdivididos de acuerdo al contenido de sílice en finos silíceos y finos muy silíceos, los cuales son similares a los finos puros; contienen, sin embargo, una mayor proporción de sílice residual que varía entre 2-6% y limitados por un contenido de hierro seco mayor o igual a 55%. En los depósitos se encuentran en contacto directo con las cuarcitas ferruginosas. Ver Figura 2.9 y 2.10 en donde se muestra unos finos silíceos y muy silíceos.



Figura 2.8. Finos Marrones



Figura 2.9. Finos Silíceos (textura laminada)



Figura 2.10. Finos muy Silíceos

2.5.1.3. Limonita Amarilla: está constituida principalmente de limonita terrosa, porosa, de color amarillo ocre, y minerales de arcilla en menor cantidad. Está compuesta mineralógicamente por goetita criptocristalina y agua capilar y/o de absorción. Está considerada como producto de la meteorización de formaciones ferrosas altamente ricas en ferro silicatos. Está caracterizada por un alto contenido de agua de cristalización (8%) y un contenido de hierro seco entre 56% y 60%.

2.5.2 Menas Duras de Alto Tenor

Son llamadas costras; usualmente se concentran en las áreas superficiales del depósito cubriendo las bolsadas de finos, aunque también existen interestratificadas con los finos en profundidad.

2.5.2.1 Costra Hematítica: está compuesta principalmente de hematita especular. Su composición química es muy similar a la de los finos negros, pero su principal diferencia radica en su contenido de alúmina, sílice y pérdida por ignición. La costra Hematítica varía desde homogénea con cristales bien desarrollados que podría ser un agregado de hematita primaria hasta laminadas y bandeadas. Se encuentran en diferentes niveles del depósito; en la superficie o inter estratificadas con menas friables en profundidad. Figura 2.11.



Figura 2.11 Costra Hematítica

2.5.2.2 Costra Limoníticas: sus principales componentes son hematita, goetita y limonita en diferentes proporciones, puede observarse en la Figura 2.12. Se encuentran además en pequeñas proporciones (menos de 5%), minerales como cuarzo, caolinita, gibsita y otros. Presentan un incremento en el contenido de

Alúmina, pérdida por ignición y fósforo. Normalmente se desarrollan en la parte superior de los finos marrones muy hidratados.

2.5.2.3 Costra Goetíticas: Microcristalina y/o Amorfa, la cual es masiva, dura y frágil, de brillo adamantino u opaco y de color marrón o negro, mineralógicamente, estas goetitas son regularmente puras; la limonita está presente en pequeñas cantidades comentando goetita y cristales de cuarzo. Muestra un alto contenido de fósforo y la alúmina se incrementa debido a la presencia de hidróxido de aluminio (gibbsite), ver Figura 2.13. Aquellos minerales diferentes de los óxidos e hidróxidos se encuentran en proporciones menores al 5%; son suspensiones coloidales de hidróxidos de hierro en fracturas abiertas o cavidades. Su contenido de hierro es aproximadamente 60%.



Figura 2.12 Costra Limoníticas



Figura 2.13 Costra Goetíticas

2.5.2.4 Costra Masiva: está compuesta por proporciones variables de goetita, limonita y hematita. Generalmente la masa es de estructura porosa, la cual contiene fragmentos de otros tipos de menas sin laminación que corresponden a una meteorización superficial avanzada, con precipitación intensiva de hidróxidos de hierro rellenando los vacíos. Esta costra cubre bolsadas de finos con alta proporción de bandas de limonita amarilla. El contenido de hierro es aproximadamente 62%. La cual se representa en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Costra Masiva

2.5.2.5 Costra Laminada: está compuesta por proporciones variables de goetita, limonita y hematita, distribuidas en finas láminas alternadas, algunas veces frágiles y quebradizas. De acuerdo a la mineralogía predominante que existe en las costras laminadas, éstas pueden ser definidas como: costras hematíticas laminadas, costras goetíticas laminadas o costras limoníticas laminadas. En la Figura 2.15 puede apreciarse una costra laminada, y estas alcanzan contenidos de hierro seco de hasta 67% y se desarrollan típicamente en los flancos superiores de los depósitos en contacto con cuarcitas ferruginosas.

2.5.2.6 Costra Silíceo: presenta granos de cuarzo residuales de cuarcitas ferruginosas. Contiene entre 2 y 6% de sílice y puede exhibir textura masiva y/o laminada. Generalmente cubre menas silíceas deleznable, cuarcitas ferruginosas frescas y/o menas meteorizadas. Observar Figura 2.16.



Figura 2.15 Costra Laminada



Figura 2.16 Costra Silícea

2.5.3 Menas de Bajo Tenor

Entre las menas de bajo tenor tenemos la cuarcita ferruginosa friable (Figura 2.17) y la cuarcita ferruginosa dura (Figura 2.18).

La Cuarcita Ferruginosa Friable es una cuarcita parcialmente lixiviada por remoción incipiente de sílice. De acuerdo al grado de meteorización, su tenor puede variar entre 45% y 55% de hierro seco.

A profundidad es transformada en cuarcita ferruginosa dura o se encuentra en contacto directo con laterita. Mineralógicamente está compuesta por granos de hematita, martita, algo de goetita y la ganga es principalmente cuarzo.



Figura 2.17 Cuarcita Ferruginosa Friable



Figura 2.18 Cuarcita Ferruginosa Dura

La Cuarcita Ferruginosa Dura, constituye la roca fresca primaria de la cual se originan las menas de hierro. Tiene color gris a oscuro y presenta una estructura bandeada bien definida con un espesor en las bandas que varía desde 0.5 mm hasta varios centímetros, con granos minerales uniformemente diseminados.

Algunos de los minerales que contienen las menas de bajo tenor, se mencionan a continuación:

1. Magnetita, que existe en cristales euhedrales que tienen una variación del tamaño de grano entre 30-100 micrones. También puede ser mostrada sencillamente como octaedros entrelazados que están extendidos uniformemente como inclusiones en los silicatos y el cuarzo, estrechamente asociada con hematita especular.

2. Cuarzo, el cual es la mayor ganga de la mena. Su grano es variable y su tamaño es generalmente unido

3. Hematita, donde generalmente, los granos de hematita son intersticiales entre los granos de cuarzo, y muestran contornos más curvilíneos e irregulares que los de la hematita, lo cual indica una movilidad relativamente mayor de los óxidos de hierro. Ocurre en arreglo paralelo con inclusiones de magnetita.

4. Goetita, que se encuentra en pequeñas cantidades en la cuarcita ferruginosa y es un producto resultante de la alteración de anfíboles. Presenta un clivaje plano en el contorno del grano y conserva la textura anfibólica.

5. Calcita., que ocurre como agregados irregulares localmente dispersos y extendidos a través de la mena. Se presenta como un producto secundario resultante de la carbonización de anfíboles, mostrada por el reemplazo parcial de cristales individuales y capas de anfíboles.

2.5.4 Estéril

Se considera estéril a todo material que no es económicamente extraíble. Abarca, en este caso, a lateritas y gneises, aunque también pueden apreciarse algunas anfibolitas.

La Laterita; que es el producto residual resultante de la meteorización de gneises, esquistos y rocas intrusivas adyacentes y/o intercaladas con cuarcitas ferruginosas y menas de hierro, exhibe un color blanco, rosado y/o marrón y estructuras bandeadas como resultado de la foliación de la roca primaria. Su alto contenido de sílice (30%), alúmina (20%) y bajo contenido de hierro (10 a 15%) las clasifica como material estéril, (Figura 2.19). Ocurren principalmente en los flancos de los depósitos.

Por otro lado, el Gneis, pertenece al grupo de los granitoides; está compuesto de cuarzo, feldespato, biotita y microclino, los cuales varían de grano medio a grueso y poseen bandeamientos bien desarrollados. Los gneises están raramente inalterados en los depósitos de hierro; pueden ser meteorizados hasta laterita y/o arcilla.(Figura 2.20). Los gneises frescos afloran en las partes planas aproximadamente a 300 m sobre el nivel del mar.

2.6 Rangos de especificaciones químicas de las menas

En las tablas 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 se presentan los rangos de especificaciones de calidad química para diferenciar y establecer patrones de identificación química para los distintos tipos de menas y estéril manejado por Ferrominera Orinoco.



Figura 2.19 Laterita

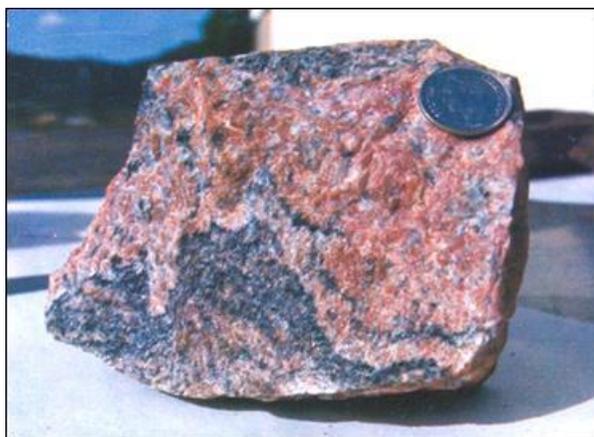


Figura 2.20 Gneis

Tabla 2.1 Menas Blandas de Alto Tenor

SÍMBOLO	NOMBRE DE LA UNIDAD	(%) Fe SECO	(%) SiO ₂	(%) Al ₂ O ₃	(%) P
F	Finos Marrones	63-65	0-2	0-2	0.030-0.120
Fs	Finos Marrones Silíceos	60-65	2-6	0-2	0.010-0.080
Fv	Finos Marrones muy Silíceos	50-56	6-10	0-2	0.030-0.080
Fy	Finos Marrones Limoníticos	-	-	-	-
B	Finos Negros	65-69	0-2	0-2	0.015-0.080
Bs	Finos Negros Silíceos	63-65	2-6	0-2	0.015-0.060
Bv	Finos Negros muy Silíceos	56-62	6-10	0-2	0.015-0.060
Y	Limonita Amarilla	56-60	1-3	1-4	0.018-0.065

Tabla 2.2 Menas Duras de Alto Tenor

SÍMBOLO	NOMBRE DE LA UNIDAD	(%) Fe SECO	(%) SiO ₂	(%) Al ₂ O ₃	(%) P
V	Costras Masivas	62-66	0-2	0-3	0.028-0.070
Vs	Costras Silíceas	60-62	2-6	0-2	0.040-0.130
Vb	Costra Bandeada	62-65	0-2	0-3	0.060-0.080
Vbs	Costra Bandeada Silícea	60-62	2-6	0-3	0.040-0.130
Vc	Costra Recementada	60-64	1-3	1-3	0.040-0.130
Vcs	Costra Recementada Silícea	60-62	2-6	1-3	0.040-0.130
C	Canga	55-57	3-5	2-5	0.040-0.130

Tabla 2.3 Menas de Bajo Tenor

SÍMBOLO	NOMBRE DE LA UNIDAD	(%) Fe SECO	(%) SiO ₂	(%) Al ₂ O ₃	(%) P
Cs	Canga Silícea	45-55	10-25	1-3	0.100-0.200
IFf	Cuarcita Ferruginosa Friable	45-55	10-35	0-2	0.150-0.100
IF	Cuarcita Ferruginosa Dura	30-45	35-55	0-3	0.010-0.060

Tabla 2.4 Estériles

SÍMBOLO	NOMBRE DE LA UNIDAD	(%) Fe SECO	(%) SiO ₂	(%) Al ₂ O ₃	(%) P
Lc	Cangas Lateríticas	30-40	8-15	8-15	0.080-0.300
L	Lateritas	10-30	10-40	10-30	0.080-0.300
G	Gneises	-	-	-	-

2.7 Características físico naturales de la zona

2.7.1 Geomorfología de la zona

Se presentan diversas formas controladas por los diferentes tipos de rocas constitutivas del Complejo de Imataca y la Formación Mesa, comprendida entre el río Orinoco al norte, la falla de Santa Bárbara al Sur, el río Caroní al Este y el río Aro al Oeste. Acantilados característicos de formaciones sedimentarias horizontales, destacan sobre la Formación Mesa, sobre los cuales aparecen afloramientos de roca de la parte norte del Complejo de Imataca.

En la faja del Cerro Bolívar, al sur de la falla de Gurí, el relieve está caracterizado por afloramientos de formación de hierro entre los cerros Arimagua y El Trueno. En la faja de Santa Rosa se desarrolla un grupo de colinas alargadas y paralelas controladas por gneises cuarzos feldespáticos bandeados, con intercalaciones de gneis diorítico blanco y lentes delgadas de formaciones de hierro.

2.7.2 Hidrología

Se considera que la red hidrográfica de la región pertenece a la Cuenca del Caroní, siendo la mayoría de los cursos de agua intermitentes y torrenciales, aunque las quebradas Tocomá, San Isidro y Purgatorio son permanentes o casi permanentes.

Por otro lado, los drenajes en las cabeceras de los diferentes cursos de agua se encuentran por lo regular debajo de la formación de hierro, a nivel del contacto entre la roca mineralizada y los gneises, esquistos, lateritas, etc., tomando un rumbo de acuerdo a la foliación.

El drenaje de las aguas está controlado por las zonas de debilidad de los corrimientos que sirven de contactos a las diferentes fajas de rocas. Las vertientes en la mayoría de los casos poseen dirección de N-S a N20W.

2.7.3 Clima

La temperatura media de la región es de 26,7° (tomada en Ciudad Piar), con un máximo de 33,3° y un mínimo de 18,2°. Para la Guayana Septentrional, y a efectos de clasificación, se considera un Clima Tropical. La precipitación media es de 1,905 mm por año (Ciudad Piar). Las lluvias torrenciales caen entre mayo y octubre, con mayor precipitación en julio y agosto, y son muy escasas entre octubre y marzo. El clima entre febrero y mayo es muy árido.

2.7.4 Vegetación

La zona pertenece a una región montañosa cubierta con espesa vegetación constituida en general por arbustos achaparrados, caracterizada por ser baja en las colinas y alta y densa en los valles. El tipo de vegetación que se considera es del tipo Bosque Tropical Macrotérmico y Bosque Pluvial Submontano y Montano, donde se desarrollan especies como la Clusia de la familia Lakeii o Copey y Guttiferal, relativa de los suelos ricos en mena de hierro.

En la zona donde aflora la mena de hierro la vegetación es muy baja y rala, mientras que en los suelos lateríticos o los formados por rocas básicas y ácidas la vegetación es alta y abundante.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

A continuación, se presentan algunos estudios previos que han servido de referencia metodológica y contenido a la presente investigación.

Abreu G. Juan C., (2002) “DISEÑO DE UN PLAN DE EXPLOTACIÓN YACIMIENTO DE CALIZA, CANTERA LA GAMARRA, MAGDALENO, ESTADO ARAGUA.”

Resumen: “El yacimiento de caliza que se encuentra ubicado en la zona conocida como el Zamuro, en el cerro Los Perros de Agua, Magdalena estado Aragua, es un depósito de pequeñas dimensiones que puede ser explotado por el método minero convencional de cantera. El total de recursos mineros limitados por el conocimiento geológico de superficie y evaluados mediante el método de secciones verticales arrojó un volumen cercano a los 6.000.000 de m³, pero las condiciones generales del yacimiento reducen el alcance de la explotación y sumado a una baja relación límite estéril / mena de un 20%, solo se logró el diseño de la misma para una cantidad cercana a los 479.840 m³. Se estimó que la explotación debe alcanzar un periodo de cuatro (4) años a un rendimiento de 25.000 t/mes debido a la baja recuperación de los recursos.”

Franklin A. González (2003) “ANTEPROYECTO DE EXPLOTACION DE CERRO REDONDO, MUNICIPIO RAUL LEONI – ESTADO BOLIVAR”.

Resumen: “Cerro Redondo es una colina de aproximadamente 1.500 m de largo y 800m de ancho, cuyo acceso se logra, mediante una carretera engrazonada que es la

continuación de la carretera Ciudad Bolívar- Cerro Altamira. Este yacimiento se encuentra ubicado a 25 Km al este de Cerro Bolívar con el cual se encuentra relacionado geológica y estructuralmente. Este yacimiento posee unas reservas minerales por el orden del 75.657.353 Tm de mena y 11.940.458 Tm de estéril, con las cantidades antes mencionadas se obtiene una relación de explotación (Mena: Estéril) de 6.34:1. La extracción del mineral minado de Redondo se planificó para ser realizada por minería a cielo abierto, mediante el método de fosa abierta (Open Pit). El referido yacimiento posee niveles de 15 metros de altura, ancho de las bermas de 10 metros, ángulo de talud de 70°, ángulo de fosa de 45° y pendiente de rampas de 10°. La producción promedio anual se estimó en 3.782.868 Tm de mineral y 597.023 Tm de estéril. El tiempo de vida de la mina estimado es de 20 años. La fragmentación del mineral será realizada por perforación y voladura, mediante el empleo de una perforadora rotativa de 12 ¼ marca PH modelo 120° y explosivos entre los que destacan el ANFO para la columna de ANFOAL para la carga de fondo. El factor de la carga a emplear en los distintos materiales es de 0,130 Kg/Tm volados, la carga y el acarreo mediante una pala eléctrica PH, modelo 2100 BL y tres camiones CATERPILLAR modelo 789. Para el inicio de las labores de explotación se requiere una inversión de 37.125.824 US\$. Los costos de producción se encuentran por el orden de los 12.14 US\$ y el precio de venta del mineral es de 21,38 US\$. La tasa mínima atractiva de retorno se fijó en el 15%, los métodos empleados para determinar la rentabilidad del proyecto son el valor presente neto y la tasa interna de retorno los cuales arrojaron los siguientes resultados 79.214.948 US\$ y 54% respectivamente, con lo cual se considera rentable el proyecto”.

Manuel A. Rojas G. (2007) “DISEÑO DE DEPÓSITOS Y/O BOTADEROS PARA LA DISTRIBUCIÓN Y DISPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA NO CONFORME PROVENIENTE DEL CUADRILÁTERO FERRÍFERO SAN ISIDRO Y LA MINA ALTAMIRA PARA EL PERÍODO 2007 – 2011”.

Resumen: La minería de superficie es una actividad que demanda la extracción de un considerable volumen de estériles o material prima no conforme al mismo tiempo que se extrae el mineral rentable, lo cual plantea un problema de reubicación de ese material extraído debido a su poco valor comercial. Es por esto que en toda planificación de explotación minera, bien sea de superficie o subterránea, se debe incluir los cálculos estimados de los volúmenes de estériles que serán removidos, así como su destino temporal o definitivo; tomando en consideración que para la ubicación de estos depósitos o botaderos las condiciones geomorfológicas del terreno son importantes así como una mínima distancias de transportes desde los frentes de explotación, puesto que la selección inadecuada puede influir directamente en los costos totales, pudiendo estos llegara ser muy elevados. Todos estos parámetros y más son considerados en la Jefatura de Área de Planificación y Desarrollo de Minas de C.V.G Ferrominera Orinoco, donde se cuenta con programas avanzados de computación que facilitan la labor de diseño y planificación de las operaciones mineras optimizando al máximo la productividad.

Bolívar H. Enyerberth J. (2014) “DISEÑO DE LA SECUENCIA DE EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS QUE CONFORMAN EL GRUPO REDONDO DEL DISTRITO FERRÍFERO PIAR PARA UN PERIODO DE LARGO PLAZO, C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A., ESTADO BOLÍVAR.”

Resumen: “La presente investigación se desarrolló en la empresa C.V.G Ferrominera Orinoco CA., ubicada en Ciudad Piar, Estado Bolívar. El objetivo principal del

estudio fue diseñar la secuencia y modificación de la topografía en los periodos de explotación para los yacimientos que conforman el Grupo Redondo del Distrito Ferrífero Piar para un periodo de largo plazo. El Grupo Redondo está conformado por tres (3) yacimientos que reciben el nombre de Cerro Redondo, Cerro Ricardo y Cerro La Estrella. Para el logro del objetivo se utilizó el software minero MineSight®, para el diseño de las fosas de excavación y para obtener los reportes de reservas sobre los objetos diseñados, estos posteriormente fueron organizados en hojas de cálculo para su mejor interpretación. Para la generación de reservas se contó con los modelos de minas de cada yacimiento. Los resultados obtenidos fueron las reservas, las vistas isométricas de la modificación de la topografía a través del tiempo, así como las metas de producciones anuales y totales con sus respectivos grados químicos.”

3.2 Métodos de minería a cielo abierto

La minería es considerada por muchos autores como un arte, esto se debe a que cada mina y cada extracción minera es diferente a cualquier otra, ya que cada yacimiento posee características propias y diferentes a los demás, las características más notables, son el grado de mineralización, la topografía, el tipo de roca, el espesor y forma del yacimiento, entre otras, dicho esto para poder extraer con el mayor beneficio y facilidad el mineral de interés se han desarrollado varios métodos de minería a cielo abierto donde cada uno de ellos se adapta a las exigencias y características que presenta el yacimiento, a continuación se presentan algunos de estos métodos tomados de Villanueva A. 2003 y Herrera, 2006.

3.2.1 Fosa Abierta (Open Pit)

Este método es tradicional en la minería metálica, se realiza mediante un avance tridimensional efectuando un banqueo descendente con secciones verticales en forma troncocónica, para la aplicación de este método se requiere una alta tecnología de

planificación, diseño, operación y control, ya que, generalmente este tipo de excavación alcanza profundidades importantes.

La extracción en cada nivel se realiza en un banco con uno o varios tajos dependiendo de la altura del banco. Debe existir un desfase entre los bancos a fin de disponer de unas plataformas de trabajo para que operen los equipos a su máximo rendimiento y en condiciones de seguridad adecuadas, mientras que las vías o carreteras se adaptan a los taludes finales o en actividad, permitiendo así el acceso a diferentes niveles y cotas.

Generalmente la profundidad de estas excavaciones suele ser grande, llegando en algunos casos superar los cuatrocientos (400) metros y por ello la vida de estas explotaciones suele ser larga, por lo general superior a los 20 años, en especial en la minería metálica.

3.2.1.1 Ventajas del método

- ❖ Alta productividad. Caracterizado por métodos de manejo de materiales que son altamente mecanizados y de baja ocupación de mano de obra.
- ❖ Alta tasa de producción. Esencialmente no tiene límites el volumen de producción, aunque también el método es aplicable a pequeños depósitos.
- ❖ Producción temprana. El desarrollo del yacimiento puede ser programado a fin de permitir un arranque temprano de la producción.
- ❖ Bajos requerimientos de mano de obra. Requiere bajo número de trabajadores y en algunos casos con poco entrenamiento, excepto para las operaciones claves tales como perforadores, operadores de equipo pesado, mecánicos, entre otros.

- ❖ Operación flexible. La operación puede adaptarse con relativa facilidad a los cambios de la demanda, en volumen y calidad.
- ❖ Bajo costo de arranque. En relación con la minería subterránea el costo de arranque es mucho menor.
- ❖ Accesos y desarrollos simples. Requiere mínimas labores de apertura y accesos.
- ❖ Buena recuperación. Generalmente es muy buena la recuperación del depósito hasta los límites finales de excavación.

3.2.1.2 Desventajas del método

- ❖ Limitada profundidad. Las limitaciones tecnológicas impuestas por los equipos restringen la excavación generalmente a menos de los cuatrocientos (400) metros de profundidad, más allá de esos límites la explotación puede continuar mediante métodos subterráneos o simplemente el depósito se dejan en sitio sin recuperar.
- ❖ Alta inversión de capital. Generalmente son proyectos de capital intensivo asociados con grandes equipos de operación.
- ❖ Alta sensibilidad ambiental. La actividad minera afecta amplias áreas que involucran importantes impactos ambientales y obligan a adoptar medidas de prevención, mitigación y control de los mismos, durante la explotación y posteriormente realizar trabajos de recuperación ambiental.

- ❖ Requiere grandes depósitos. Para permitir la obtención de altos niveles de productividad y consecuentemente bajos costos de producción se requieren grandes depósitos minerales, o yacimientos con altos tenores.
- ❖ Estabilidad de taludes. Es esencial el apropiado diseño y mantenimiento de taludes y bancos, para evitar riesgos en las operaciones mineras, y realizar un adecuado drenaje de la mina.

3.2.2 Tajo abierto (*Open Cut*).

Es una variante del método *Open Pit*, se aplica específicamente para yacimientos que se encuentran en laderas de modo que el sistema de bancos queda abierto a lo largo de la ladera, al igual que el método anterior este se efectúa realizando un banqueo descendiente y debe existir un desfase entre los bancos a fin de disponer de unas plataformas de trabajo para que operen los equipos a su máximo rendimiento y en condiciones de seguridad adecuadas, en la figura 3.1 se muestran las actividades a realizar para obtener un banqueo del mineral, se representa las perforaciones para ser volado el nivel más bajo y la carga u acarreo del mineral ya volado, este es el método aplicado en C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.



Figura 3.1: Panorámica del método de explotación empleado en C.V.G Ferrominera Orinoco C.A (<http://intranet.elferrominero.com>)

3.3 Secuencia de explotación

La secuencia de explotación también es conocida como estrategia de consumo de reservas, y es básicamente la forma en que se extraen los materiales desde el tajo, durante el período comprendido entre el inicio de la explotación hasta el final de ella (fosa final). La extracción del material se realiza en sucesivos cortes intermedios, los que reciben el nombre de fases o expansiones.

La secuencia de extracción de las distintas fases tiene una estrecha relación con la distribución de las variables geológicas, geo mecánicas, topográficas, ambientales, metalúrgicas y económicas del yacimiento.

3.3.1 Métodos de definición para los límites económicos de una explotación a cielo abierto.

Dentro de las actividades a desarrollar en el diseño de una explotación a cielo abierto, se encuentra la que determina la relación para definir los límites físicos de dicha explotación, ya que ante la presencia de un yacimiento podemos pensar en extraer todo el mineral presente o extraer solamente lo que más nos convenga. Esta última proposición es la que finalmente tendrá que prevalecer, ya que es la razón por la cual se explota un recurso, y es esta conveniencia la que nos introduce el concepto de optimizar la explotación de nuestro yacimiento, ya que, la optimización se traduce en cuidadosos análisis económicos y operacionales que permanentemente van en busca del mejor aprovechamiento de los recursos.

Es así como surgen variados métodos para definir cuáles serán los límites económicos de una explotación a cielo abierto, cada uno aporta un concepto útil y en muchos casos se combinan para generar otro método. A continuación, se presentan dos de estos métodos, parte de la información presentada fue recolecta de Gonzales (2012).

3.3.2 Cono Móvil Optimizante.

También conocida como la teoría de los conos flotantes, sirve para determinar los límites económicos de la explotación, esta data de los años sesenta (60). A continuación, se describe de forma conceptual la técnica del Algoritmo del Cono Móvil Optimizante.

La técnica consiste en una rutina que pregunta por la conveniencia de extraer un bloque y su respectiva sobrecarga. Para esto el algoritmo tradicional se posiciona sobre cada bloque de valor económico positivo del modelo de bloques y genera un cono invertido, donde la superficie lateral del cono representa el ángulo de talud. Si el beneficio neto del cono es mayor o igual que un beneficio deseado dicho cono se extrae, de lo contrario se deja en su lugar. Cabe destacar que el método se aplica sobre perfiles del modelo de bloques, sometiendo a cada bloque de dicho perfil al algoritmo que le asigna su respectivo valor económico.

Para comprender mejor el funcionamiento de este método se presenta en la figura 3.2, un perfil de un modelo de bloques sometido al algoritmo del cono móvil Optimizante, donde cada bloque está definido por un valor económico, es decir lo que significa económicamente su extracción. Es así que los bloques con valor negativo representan a los bloques de estéril con su costo de extracción asociado (-10) y los bloques de mineral son representados por el beneficio global que reporta su extracción, este valor se obtiene aplicando la Formula 1; **(Beneficio Global = Ingresos - Costos) o (Beneficio = Mena - Sobrecarga)**, donde la sobrecarga viene siendo los bloques de estéril que se deben remover para llegar al bloque Mena.

En el ejemplo anterior podemos observar que el extraer el bloque de valor positivo (+800) y sus 15 bloques de estéril asociado (-10), genera un beneficio final de +650, correspondiente al beneficio de extraer dicho bloque con su sobre carga asociada.

3.3.2.1 Secuencia de Extracción de Conos

Esta radica en la secuencia con que son analizados los bloques del modelo. Para una mejor comprensión del método, a continuación, se presenta el siguiente esquema el cual sirve de ejemplo, en él se puede apreciar el beneficio que reporta la extracción de cada bloque. Los bloques con beneficio positivo ya se les han descontado lo que

cuesta extraer dicho bloque lo que se conoce como costo mina, el cual, para efectos de este ejemplo es (-10).



Figura 3.2 Perfil de un Modelo de Bloques Sometido al Algoritmo del Cono Móvil Optimizante. FUENTE: Gonzales (2012)

Lo primero que se hace antes de aplicar el método es identificar los bloques con potencial de ser extraídos, es decir, los que poseen números positivos, una vez identificados se procede a realizar los conos invertidos a cada uno de ellos tomando como bases de dichos conos los bloques que se someterán a estudio.

En la figura 3.3 se observa que existen tres (3) bloques con números positivos, los cuales se someterán a estudio, ellos han sido numerados de la siguiente forma; (1), (2) y (3).

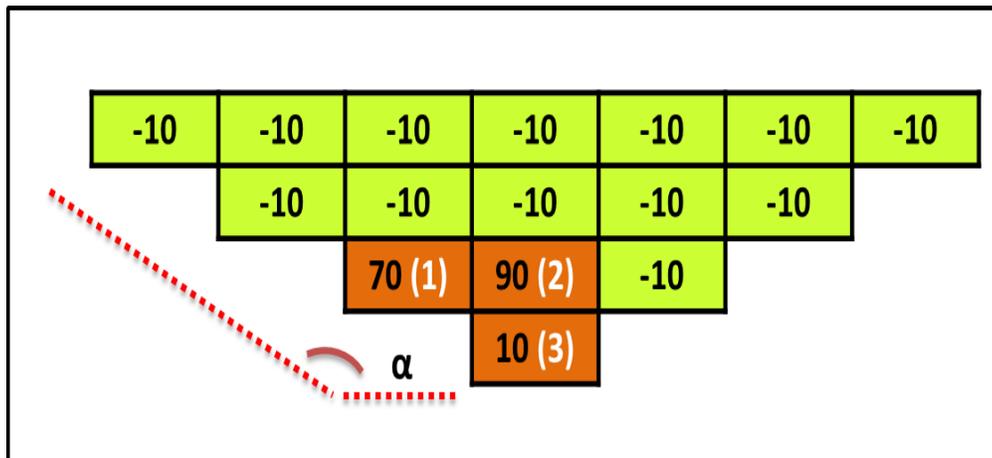


Figura 3.3 Esquema Donde se Representa el Beneficio que Aporta la Extracción de Cada Bloque. FUENTE: Gonzales (2012)

Si el primer cono se construye en el bloque (1), entonces al aplicar la fórmula (1) dicho bloque no puede ser extraído, ya que el **(Beneficio = -10)**, tal como se muestra en la Figura 3.4. Lo cual indica que no es factible su extracción, ya que el costo de mina por efectos de la extracción de la sobrecarga del material estéril que hay que retirar para llegar al bloque mena es superior al valor que ingresará por vender el mineral.

El segundo cono se construye en el bloque (2), donde el beneficio neto del cono es de +10, puesto que el valor del bloque es de 90 y la sobrecarga asociada a él es de -80, siendo ventajosa su extracción, quedando como se muestra en la figura 3.4.

Por último, se analiza el bloque (3), al igual que con los bloques anteriores el análisis radica en ver la diferencia entre los valores de los bloques positivos y sus respectivas sobrecargas, dicho esto al extraer el bloque (3) se obtiene un beneficio de +40, en la figura 3.5 3.6 se muestra este análisis con claridad.

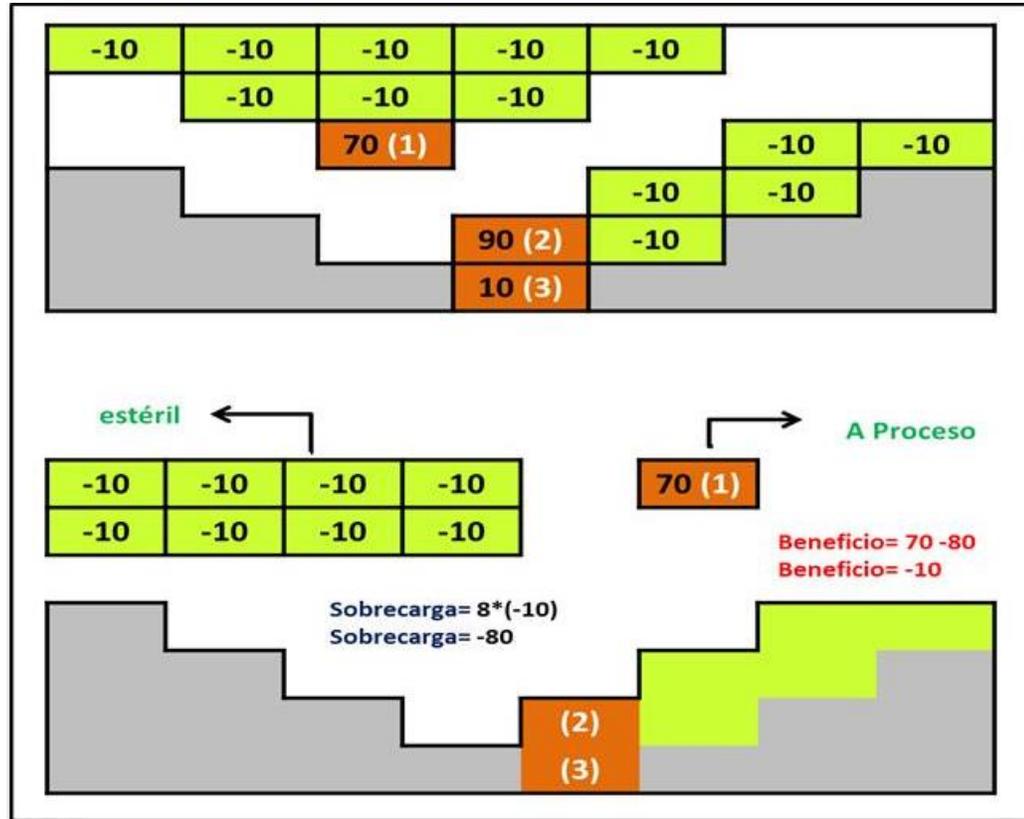


Figura 3.4 Esquema que Representa la Construcción del Cono en el Bloque Uno.

FUENTE: Gonzales (2012)

Cuando ya se han analizado la totalidad de los bloques con valor positivo, el planificador de mina puede tomar la decisión de donde se situará la fosa final de la excavación, en el caso de nuestro ejemplo es conveniente extraer hasta el bloque (3) ya que su beneficio sería mayor al de extraer hasta el bloque (2).

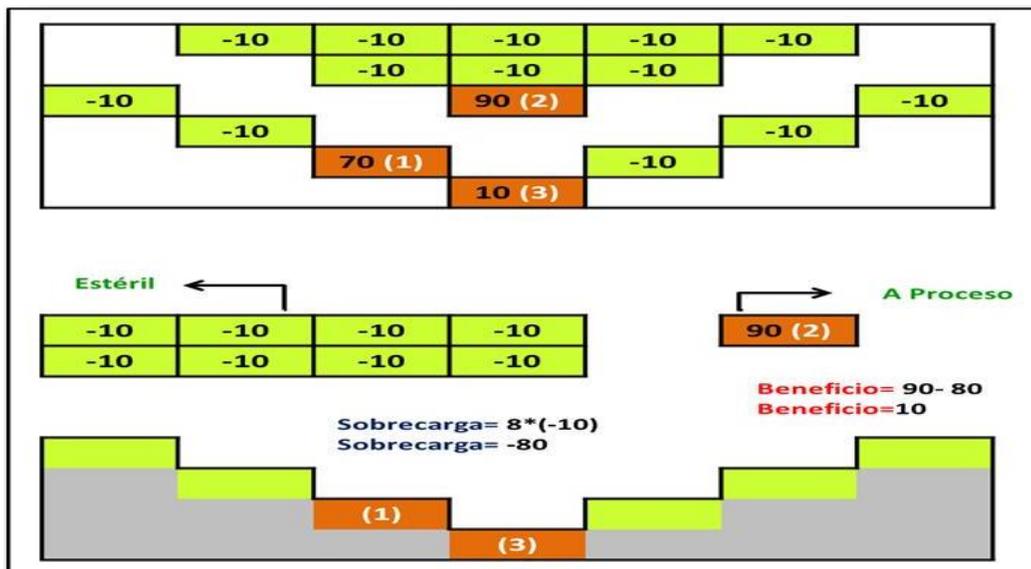


Figura 3.5 Esquema que Representa la Construcción del Cono en el Bloque dos. FUENTE: Gonzales (2012)

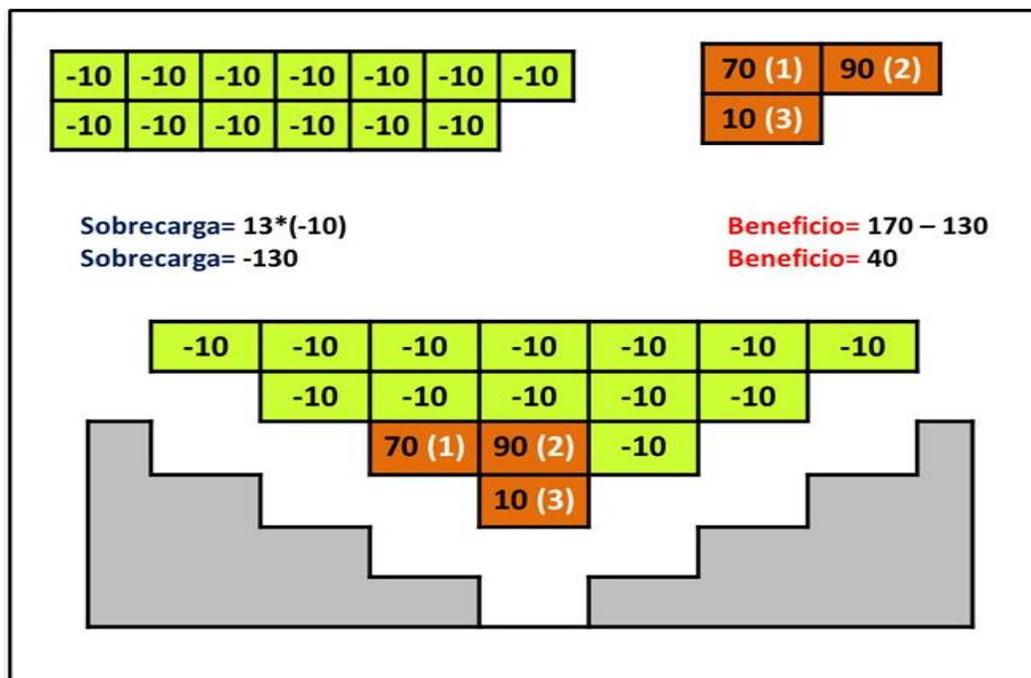


Figura 3.6 Esquema que Representa la Construcción del Cono en el Bloque. FUENTE: Gonzales (2012)

3.3.2.2 Conos Con Sobre Carga Asociada

Este es el principal aporte del método del cono móvil Optimizante, consiste en analizar conos que tengan sobrecarga compartida, tal como se muestra en la figura 3.7, la cual sirve de ejemplo:

-10	-10	-10	-10	-10	-10
	-10	-10	-10	-10	
		70 (1)	70 (2)		

Figura 3.7 Esquema de Bloques con Sobre Carga Asociada
FUENTE: Gonzales (2012)

Los bloques (1) y (2) tienen un beneficio de +70 (incluido el costo mina). Al analizar los conos individualmente, se aprecia que no es conveniente la extracción de dichos bloques, pues en cada caso el beneficio neto del cono es -10, pero si se analizan ambos conos en conjunto se puede obtener un beneficio neto de +40, lo cual es muy conveniente, (Alfaro C. Marcos A., 2009). Esto se aprecia gráficamente en la figura 3.8

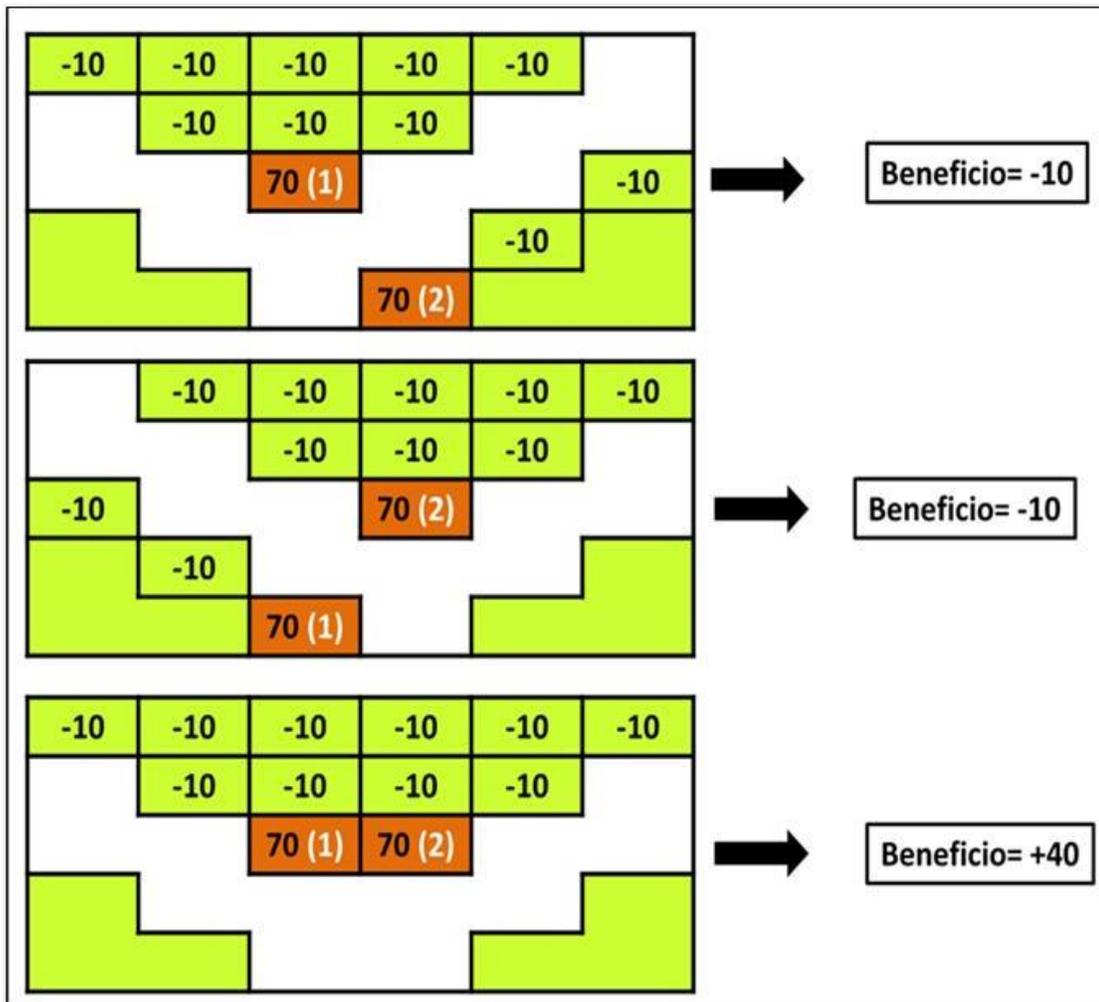


Figura 3.8 Esquema Donde se aprecia la conveniencia de analizar los bloques como un conjunto. FUENTE: Gonzales (2012)

3.3.3 Secciones Verticales

Una sección vertical es un corte transversal donde se visualiza las variaciones verticales y laterales de las menas de un depósito, básicamente es una vista de perfil de la zona de estudio (William E., Peña H., 2005)

La información es obtenida e interpretada a partir de mapas geológicos de la superficie y de los sondeos geoexploratorios, las secciones verticales nos representan la cantidad aproximada del contenido litológico del yacimiento, los cuales a su vez son corregidos en la medida en que se realicen nuevos sondeos. Cabe destacar que cada sección posee una numeración y rango en el plano. En la figura 3.9 se aprecia la imagen de una sección vertical del Cerro Redondo.

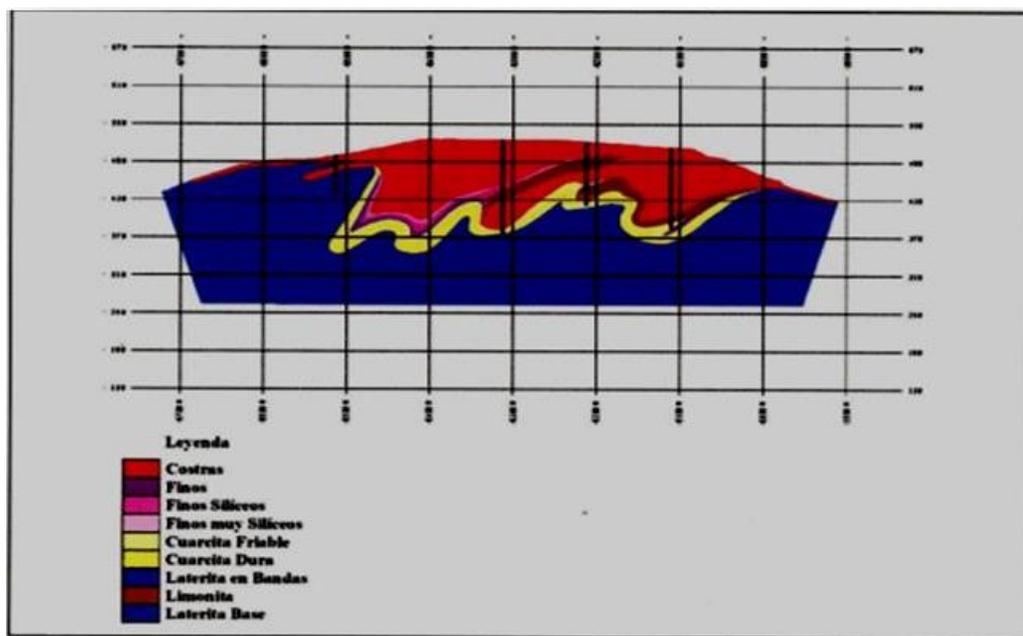


Figura 3.9 Sección Geológica Vertical del Cerro Redondo. FUENTE: William (2005)

3.3.4 Modelo de Bloques

El modelo de bloques es una retícula tridimensional de bloques que está definida y limitada por el cuerpo mineralizado de interés, todos los bloques poseen las mismas dimensiones en los tres ejes del espacio (X, Y, Z) y cada uno almacena información específica del lugar que representa dicho bloque.

El modelo de bloques almacena información variable en cada uno de los bloques, dependiendo de las variables que almacene el modelo puede ser clasificado como modelo geológico, o de minas.

El modelo geológico ofrece información clasificada y organizada sobre la litología del yacimiento representada en cada uno de los bloques que lo conforman, asignándole diferentes colores a los bloques dependiendo del valor de las variables que posee.

El modelo de minas, ofrece información clasificada y organizada sobre variables mineras como; tenor, cantidad específica del tipo de material, entre otras. Al igual que en el modelo geológico los bloques poseen colores diferentes dependiendo del valor de las variables que posee, es decir, un bloque de alto tenor tiene un color diferente a uno de bajo tenor.

En el caso particular de F.M.O, los modelos están formados por bloques de dimensión 15x10x10 metros, donde el quince (15) representa la longitud de la altura del bloque.

3.3.5 Parámetros geométricos de una excavación minera a cielo abierto

3.3.5.1 Ancho de rampa

En el diseño de rampas se considera que los camiones circulan en ambos sentidos, por lo tanto, debemos tener una rampa lo suficientemente ancha para asegurar que los camiones no se interfieran cuando se cruzan en la trayectoria (Alfaro, 2009).

3.3.5.2 Ancho de berma

Es un requisito de seguridad para cualquier excavación minera, ya que, disminuye los riesgos de accidentes a la hora de un derrumbe o deslizamiento de masa de un talud (Alfaro, 2009).

3.3.5.3 Altura de banco

Generalmente la altura de los bancos se elige en función de la maquinaria de operación con que se dispone o se desea utilizar.

3.3.5.4 Pendiente de la rampa

El grado de inclinación de las rampas debe asegurar que los equipos mineros, en especial los de carga no tengan ningún problema cuando circulen cargados o descargados, de manera de evitar el desgaste y disminuir el esfuerzo de sus componentes, como frenos, motor, cauchos, entre otros. (Alfaro, 2009).

3.3.5.5 Angulo de talud

Este es el ángulo inter-rampa, es decir el ángulo que hay de un nivel a otro, es una característica muy importante sobre todo para evitar que se derrumbe el talud. Este ángulo lo determina en gran parte la calidad de la roca. (Alfaro, 2009).

3.3.6 Software de planificación minera MINESIGHT versión 5.50

Es el software minero que se utilizó para desarrollar los aspectos técnicos de esta investigación, a continuación, se describe dicho software, cabe destacar que la

información referente, fue obtenida de su página web oficial, ubicada en la siguiente dirección: www.MineSight.com

3.3.6.1 Descripción

Es la plataforma completa del software de Mintec® para el modelado y la planificación de mina, que proporciona soluciones integradas para exploración, modelado geológico, diseño, planificación y operación. Ya sea subterránea o en superficie, desde metales preciosos a metales básicos, carbón, arenas bituminosas o minerales industriales, el software MineSight® da respuesta a todas las aplicaciones mineras de modelado geológico, mejorando la productividad en cada una de las etapas del ciclo de una mina y es desarrollado por profesionales de la minería para profesionales mineros, en función de sus plazos: corto, largo o la vida útil de su mina. Básicamente este software fue elaborado para trabajar sobre cinco (5) aspectos de vital importancia en la minería ellos son: explorar, diseñar, modelar, planificar y operar.

3.3.6.2 Utilidad de MineSight®

Este software se puede utilizar desde la fase de exploración, pasando por interpretación geológica, factibilidad, planificación de mina y gestión de las operaciones diarias. Opera en una plataforma Windows para computadoras estándar con numerosas aplicaciones clave con bases de datos abiertas.

- ❖ Explorar: En la minería para adoptar la decisión correcta hay que ver qué hay realmente debajo de la superficie. La colaboración entre geólogos e ingenieros es crucial al momento de decidir si comenzar la extracción o no. Es por eso que algunas de las minas de mayor complejidad y más exigentes de la industria confían en el programa MineSight® Poderoso e integrado, su

versatilidad y sus funciones centrales es el motor detrás de las tareas de análisis de datos, interpolación y codificación de sondajes.

- ❖ **Modelar:** Las capacidades mejoradas para visualización de los datos permiten obtener un panorama general que es necesario para crear modelos exactos y para pasar rápidamente a la excavación. El software MineSight® brinda una gran diversidad de herramientas para modelado geológico e interpolación. Ofrece funciones completas para crear y administrar modelos de bloques en 3D, estratigráficos y de superficies.
- ❖ **Diseñar:** El software posee gran parte de las funciones CAD básicas con innovadoras opciones mejoradas que administran sus tareas más complejas y lo ayudan a gestionar las operaciones de manera más productiva. Las herramientas MineSight® CAD de los productos Core y Engineering OP CAD reducen los riesgos en la toma de decisiones para que usted pueda extraer con seguridad todas sus reservas explotables.

Las funciones simples para el diseño de cortes y la variedad de posibilidades para la creación de tajos, tantos geométricos como rentables, permiten manipular superficies en forma completa. Las herramientas para el diseño de patrones de voladuras, mapas a fin de período, contornos de tajo último y tajo económico, programación de vida de mina y por etapas, creación de vías/rampas y diseño completo de botaderos, escombreras y diques otorgan a los ingenieros un conjunto acabado de opciones para operaciones de superficie.

- ❖ **Planificar:** MineSight® marca la pauta en la planificación de mina a corto, mediano y largo plazo, ya que, las funciones de diseño de cortes y cálculo de reservas se combinan con poderosas herramientas de cronogramas,

optimización, planificación de equipos y transporte para brindarle una solución integral en la planificación a corto plazo. Genera planificaciones factibles para el corto y mediano plazo de su proyecto, estableciendo la secuencia de arranque de cortes más productivos, que resultan en la mayor rentabilidad del proyecto.

Mediante este software minero se puede obtener el nivel de detalle que exigen los estudios de factibilidad plena para minas nuevas y en operación. Las herramientas de optimización de cronogramas y etapas a largo plazo guían sus esfuerzos permitiéndole realizar ajustes o modificaciones, de modo que los resultados responden exactamente a sus especificaciones. De esta forma se asegurará que el plan de ciclo de mina a largo plazo pueda aplicarse como guía efectiva para el trabajo de los planificadores de corto y mediano plazo.

- ❖ Operar: El software MineSight® está en el núcleo de las tareas de gestión de producción de la mina, facilitando el diseño de perforaciones y voladuras, el control de leyes diario y la conciliación de datos. Con el apoyo de la versatilidad y la potencia de una base de datos de planificación centralizada, estas herramientas de producción pueden hacer que la operación ahorre gran cantidad de tiempo y dinero.

Las funciones para perforaciones y voladuras reúnen las herramientas permiten una rápida asignación de atributos y generación de informes relacionados con datos de barrenos. Planifica de manera más eficaz y ahorra dinero visualizando y editando inmediatamente las áreas de influencia de las voladuras. Las soluciones para el control de leyes simplifican el proceso de adquisición de información para la planificación de cortes y la generación de informes diarios, permitiendo a los ingenieros a cargo del control de leyes destinar más tiempo a tomar decisiones importantes.

Las herramientas de gestión de producción facilitan el seguimiento del material, el manejo de acopios y otros procesos de mina. Controle los destinos de material, camión por camión, para lograr una recuperación detallada de acopios y evitar errores críticos en los destinos, que podrían socavar la rentabilidad.

3.3.7 Herramienta Pit Expansión Tools de MineSight®

La herramienta Pit Expansión tools de MineSight® permite utilizar herramientas CAD para construir diseños de expansiones en tres dimensiones (3D) sobre la superficie, esto debido a que las simples superficies obtenidas con el método de Lerchs y Grossman son muy básicas y necesitan más diseños de expansiones operacionales como diseños de rampas, bermas de seguridad, geometrías de banco recomendadas, entre otras, para los cortes iniciales y para cada expansión sucesiva hasta los límites del Pit final.

Esta herramienta permite dos (2) modos de diseño: 1) Diseño de una fosa en forma descendente desde la parte superior y 2) Diseño de una fosa en forma ascendente desde el fondo.

Cada uno de estos diseños admiten la inclusión de rampas de arrastre, canaletas para cintas de transporte, taludes variables para los frentes, anchos de berma variables y además todos estos diseños se pueden recortar fácilmente en la topografía circundante.

3.4 Clasificación de reservas

3.4.1 Clasificación De Recursos y Reservas Mineras Según Canadian Institute Of Mining (CIM)

Deposito: definido por el CIM, significa: “Un fenómeno natural de los minerales o agregados minerales, en tal cantidad y calidad para invitar a la explotación”. Un depósito de mineral puede ser subdividido dentro de dos Clases, Recursos Mineros y Reservas Mineras (González, 2012)

3.4.1.1 Recurso Minero

Es una concentración u ocurrencia de material natural, sólido, inorgánico, u orgánico fosilizado terrestre de tal forma, cantidad, y calidad que existe una razonable apreciación acerca de su potencial técnico- económico. La localización, tonelajes, contenidos, características geológicas, y el grado de continuidad de la mineralización es estimada, conocida, o interpretada a partir de específicas evidencias geológicas, metalúrgicas, y tecnológicas. El Recurso Minero se puede subdividir en; inferido, indicado y medido.

- ❖ Recurso Mineral Inferido; es aquel donde se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley que podría existir en el lugar.

- ❖ Recurso Mineral Indicado; es aquel donde puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y

pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones demasiado distanciadas o con un espaciamiento inapropiado.

- ❖ **Recurso Mineral Medido;** es aquel donde puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada e información confiable en ubicaciones que están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.

3.4.1.2 Reserva Minera

Es la porción económicamente explotable de un recurso mineral medido o recurso mineral Indicado demostrado por al menos un Estudio de Pre-factibilidad. Este estudio debe incluir una adecuada información sobre la Minería, procesamiento, metalurgia, factores económicos, y otros factores relevantes que demuestren, al momento de la presentación del informe, que la extracción económica puede ser justificada. Una reserva minera incluye materiales diluyentes y provisiones por pérdidas que pueden ocurrir cuando el material es extraído.

- ❖ **Reserva Probable;** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral indicado donde se han realizado evaluaciones apropiadas para la fecha y así justificar razonablemente que la extracción puede efectuarse.
- ❖ **Reserva Probada;** es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral medido donde se han realizado evaluaciones apropiadas para la fecha y así justificar razonablemente que la extracción puede efectuarse.

En la figura 3.10 se muestra un esquema de clasificación de reservas que toma en consideración la distancia entre sondeos geoexploratorios.

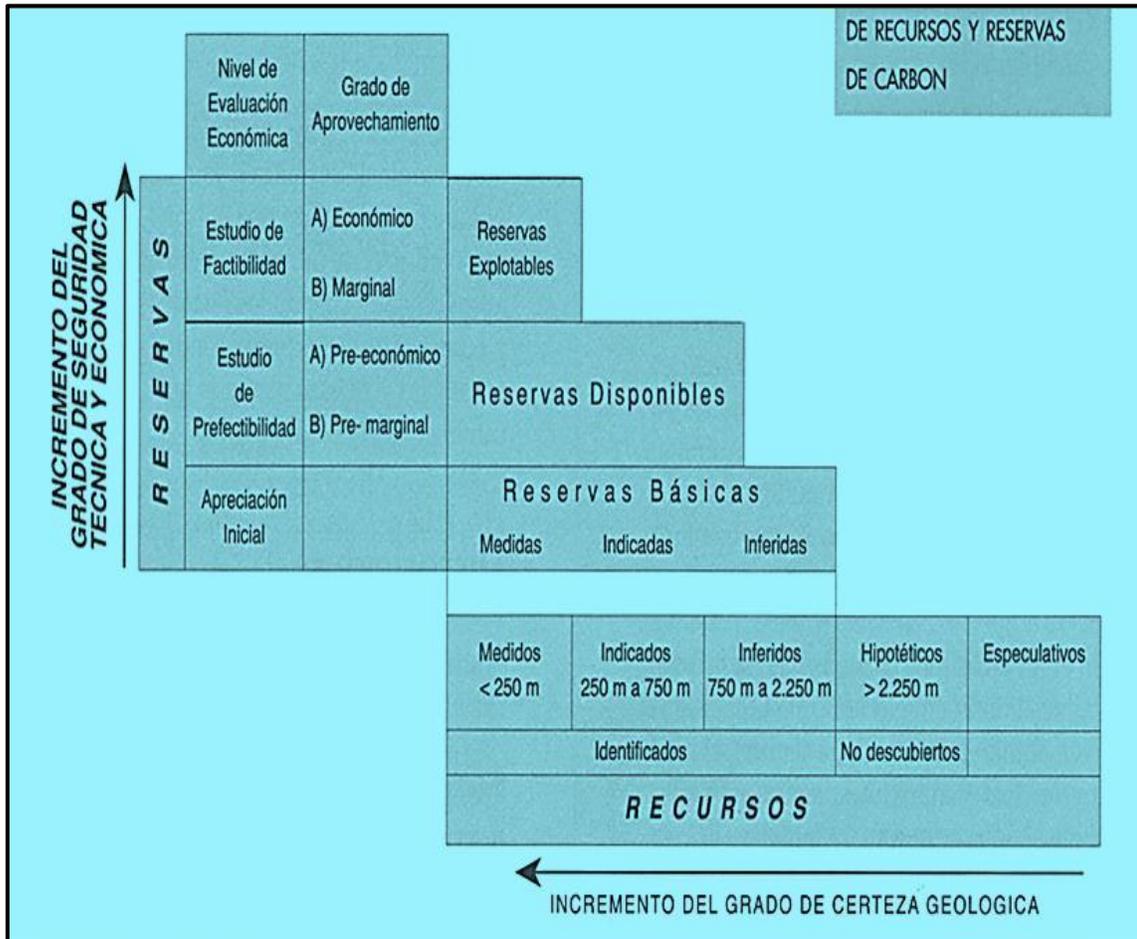


Figura 3.10 Clasificación de Recursos y Reservas Desarrollada por la firma Muysquin Consultoría Ltda. Fuente: ECOCARBON, 1995.

3.5 Explosivos y accesorios de voladura

En la mayoría de las empresas mineras se están utilizando los sistemas no Eléctricos de iniciación como accesorios de voladura y agente de Voladura. Actualmente, se utilizan los siguientes productos:

❖ Exel TD, (Detonador de Superficies)

Es un detonador compuesto por una cápsula Fuerza 10, que va ensamblada en un conector cuya finalidad es retardar e iniciar líneas de cordón detonante.

Este producto también se utiliza para iniciar voladuras desde La zona de seguridad, por lo que se encuentra disponible en Carretes. (Figura 3.11)



Figura 3.11 Exel TD, (Detonador de Superficies).
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Exel MS, (Detonador De Fondo)

Corresponde a un detonador compuesto por dos cápsulas y Un tubo de señal. Una de las cápsulas se utiliza en superficie para iniciar tubos de señal, mientras que la otra se usa en el interior de los barrenos tanto para iniciar boosters como Explosivos encartuchados. (Figura 3.12)

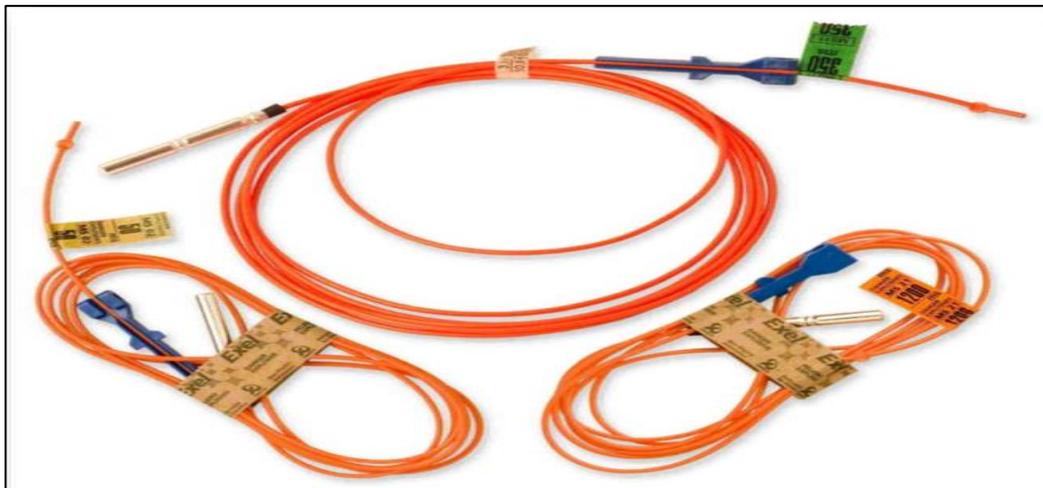


Figura 3.12 Exel MS, (Detonador De Fondo)
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Exel Handidet, (Detonador compuesto por dos cápsulas)

Corresponde a un detonador compuesto por dos cápsulas y un tubo de señal. Una de las cápsulas se utiliza en superficie para iniciar tubos de señal, mientras que la otra se usa en el interior de los barrenos tanto para iniciar boosters como explosivos encartuchados. (Figura 3.13)

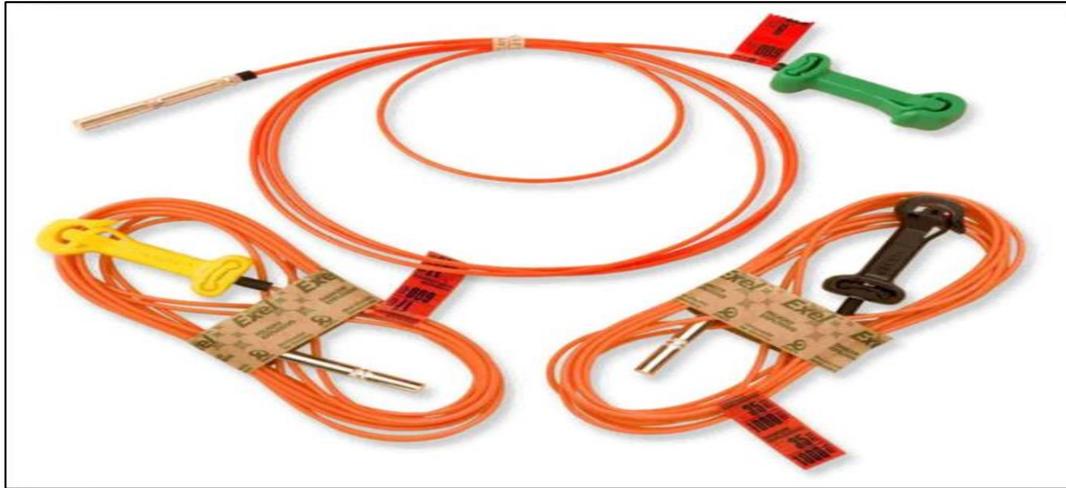


Figura 3.13 Exel Handidet, (Detonador compuesto por dos cápsulas)

Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Exel Conectada Superficie

Corresponde a un detonador compuesto por una cápsula de baja potencia (Fuerza en un conector de superficie, cuya finalidad es conectar filas de un mismo disparo en voladuras donde los pozos han sido primados con Exel TM Handidet o Exel TM MS. (Figura 3.14)

❖ Sistema tubo de choque Lead in Line Iniciación no eléctrica.

Está compuesto por un tubo NONEL de 500 pies o más de longitud, uno de cuyos extremos se encuentra conectado a un detonador instantáneo, el que se encuentra alojado dentro de una carcasa plástica y lacrado herméticamente mediante un sello ultrasónico en el otro de sus extremos (Figura 3.15)



Figura 3.14 Exel Conectada Superficie.
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A



Figura 3.15 Sistema tubo de choque Lead in Line Iniciación no eléctrica.
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

El lead in line se presenta enrollada en carretes para facilitar su manipulación en el tendido en los lugares de trabajo. El uso de este accesorio está orientado a iniciar en forma segura y silenciosa las voladuras primarias y, a veces, los secundarios, desde una distancia previamente establecida por el jefe de voladura y protegido por una cobertura (shelter).

Se puede utilizar para iniciar la voladura a distancia conectando el lead-in-linde con una mecha de seguridad y un fulminante o detonador Nro. 8. Se prende la mecha y de igual manera hay que desalojar el sitio de la voladura. La ventaja es que, si falla la mecha, el dinamitero inspecciona el mismo a una distancia de 300 mts del disparo disminuyendo así el riesgo.

❖ Boosters Pentex (450 gr y 150 gr)

Es un moderno explosivo que provee un alto poder de iniciación en un amplio rango de aplicaciones. Ha sido desarrollado en base a PETN y TNT como materias primas, lo que le confiere la capacidad de ser un explosivo estable y excelente iniciador de cargas poco sensibles o insensibles, de ahí que tiene como característica principal desarrollar una alta presión de detonación. (Figura 3.16)

❖ Detonante fulminante.

Está constituido por una capsula cilíndrica de aluminio cerrada en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva un explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo. (Figura 3.17)



Figura 3.16 Boosters Pentex (450 gr y 150 gr)
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

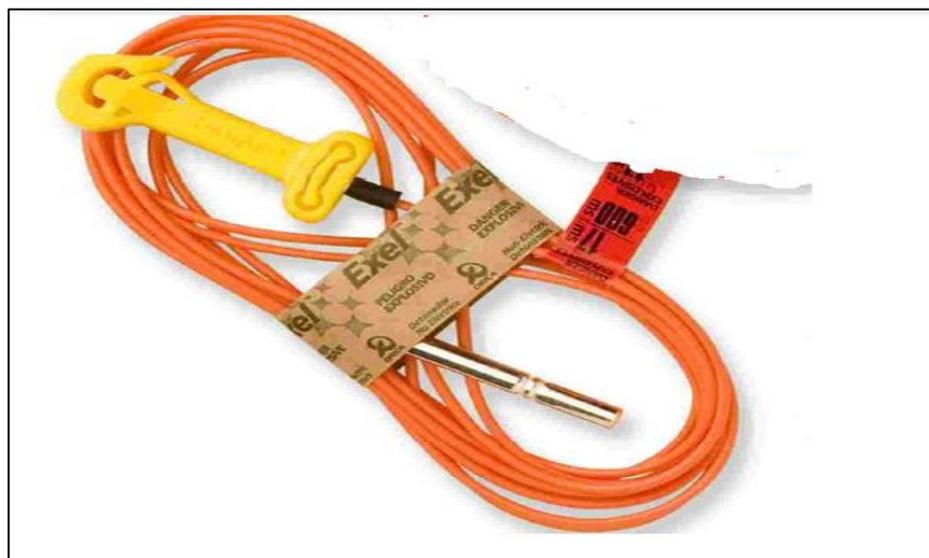


Figura 3.17 Detonador fulminante
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Mecha lenta o de seguridad

La mecha lenta está formada, por un núcleo de pólvora negra rodeada de capas de hilado y materiales impermeabilizantes que la hace resistente a la humedad, abrasión y efectos mecánicos. (Figura 3.18)



Figura 3.18 Mecha lenta o de seguridad

Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Cordón detonante.

El cordón detonante es un explosivo de gran potencia y velocidad de detonación. Es flexible e impermeable que contiene en su interior un explosivo llamado Pentrita con una velocidad del orden de 7.000 m/sg. Por lo que se utiliza fundamentalmente para transmitir a los explosivos la detonación iniciada por un detonador. (Figura 3.19)



Figura 3.19 Cordón detonante reforzado.
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Material explosivo ANFO.

Es una mezcla balanceada entre nitrato de amonio poroso y combustible diésel, mezclados ambos en a las unidades fábricas al momento de ser cargados en barrenos de operaciones a cielo abierto. En la figura 3.20 se muestra un camión mezclador cargando los barrenos con ANFO.

Es adecuado para ser usado en barrenos secos y que permanecerán secos hasta la detonación. ANFO puede ser usado como carga de columna en minería cielo abierto o canteras y para trabajos de voladuras en general, puede ser vertido o cargado mecánicamente dentro el barreno.



Figura 3.20 Camión mezclador de Nitrato de Amonio.
Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

❖ Emulsión encartuchada

La emulsión empacada Senatel™ Magnafrac es un explosivo robusto y sensible a un detonador. El explosivo es de color blanco y de una consistencia similar a la masilla. Senatel™ Magnafrac es un explosivo encartuchado a prueba de agua, diseñado para aplicaciones de primado y como columna explosiva de densidad media, en minería y trabajos de voladuras en general. (Figura 3.21)



Figura 3.21 Emulsión encartuchada.

Fuente: Departamento de Voladuras Ferrominera Orinoco C.A

3.6 Cálculos de equipos pesados

La carga y acarreo es una de las operaciones básicas necesarias para la operación minera. Dentro de la mina el acarreo por lo general es realizado mediante camiones, y la carga a través de palas mecánicas. Estos dos equipos se consideran los de más importancia dentro de las operaciones de producción. También están los equipos auxiliares tales como, cargadores frontales, tractores, motoniveladoras, camiones cisternas, entre otros. Así como también, es de vital importancia el equipo de perforación para voladuras. (Chacón. E, 2003)

3.6.1 Palas mecánicas

3.6.1.1 Calculo Teórico de Producción

La ecuación 01 muestra la expresión para determinar la capacidad de una pala mecánica.

$$Q = \frac{Cb * Ef * Fc * Fg * Fm * Dm * D}{tc} * 60 \text{ min/h} \quad (\text{ec. 01})$$

Donde,

Q = Capacidad de la Pala (Yd³)

Fc = Factor de carga

Ef = Eficiencia Operacional

Fg = Factor de giro

Fm = Factor de movimiento de la pala

tc = Tiempo de ciclo

D = Densidad del material a cargar (t/m³)

Dm = Disponibilidad mecánica

La rata de producción (RP) viene dada por la ecuación 02 en toneladas por turno

$$RP = Q * \text{horas/turno} * \text{Tiempo Efectivo} \quad (\text{ec. 02})$$

La cantidad de palas requeridas viene dada por la ecuación 03

$$N^aP = \frac{\text{Producción Requerida}}{\text{Rata de Producción}} \quad (\text{ec. } 03)$$

Mientras que la producción requerida se estima con la ecuación 04 en toneladas por turno.

$$PR = \frac{\text{Cantidad de material (t/año)}}{\text{días/mes * mes/año * turnos/día}} \quad (\text{ec. } 04)$$

3.6.1.2 Estimación del Número de Ciclos de la Pala para llenar un Camión

Se determina con la ecuación 05

$$NC = \frac{C}{Cb * D * Fc} \quad (\text{ec. } 05)$$

Donde,

NC = número de ciclos

C = Capacidad del Camión (t)

Cb = Capacidad del Balde (m³)

D = Densidad del Material (t/m³)

Fc = Factor de carga

tc = Tiempo de Ciclo

Tm =Tiempo de maniobra del camión

El tiempo de carga se estima con la ecuación 06

$$\text{Tiempo de carga (Tc)} = \text{NC} * \text{tc} \quad (\text{ec. 06})$$

Y el tiempo de llenado se calcula con la ecuación 07

$$\text{Tiempo total de llenado (TT)} = \text{Tc} + \text{Tm} \quad (\text{ec. 07})$$

3.6.2 Camiones roqueros

3.6.2.1 Estimación del Número de camiones

Para el cálculo del número de camiones se utilizan las siguientes expresiones matemáticas:

❖ Estimación del tiempo de ciclo de acarreo (TA)

$$\text{TA} = \text{TT} + \frac{\text{Distancia}}{V_1} + \frac{\text{Distancia}}{V_2} + \text{Td} \quad (\text{ec. 08})$$

❖ Determinación del Número de Camiones

$$N = \frac{\text{TA}}{\text{TT}} \quad (\text{ec. 09})$$

Donde,

N = Numero de camiones

TA = tiempo de acarreo

D = Distancia promedio de acarreo (m)

V1 = Velocidad promedio vacío (m/min)

V2 = Velocidad promedio cargado (m/min)

Td = Tiempo de Descarga de los camiones (min)

TT = Tiempo total de Llenado (min)

3.6.2.2 Productividad de los camiones

El cálculo de la productividad viene dado por la ecuación 10.

$$PC = Vt * C * Ef.OP * Dm \quad (t/turno) \quad (ec. 10)$$

El número de viajes se determina con la ecuación 11

$$Vt = \frac{Ht * Ef.Op. * Fd * Dm}{TA} \quad (ec. 11)$$

Donde,

PC = Productividad del camión

Ht = Horas por turno

Ef.OP = Eficiencia Operacional

Dm = Disponibilidad Mecánica

Fd = Factor por demoras operativas

Vt = viajes por turno por camión

VT = Viajes total por turno por flota

3.6.3 Cálculo del número de perforadoras

Para el cálculo del número de perforadoras hay que considerar parámetros tales como, rata de penetración, metros lineales a perforar, material a ser perforado, adaptabilidad y condiciones de trabajo. Para ello se emplea la ecuación 12.

$$N_{pn} = \frac{M_{pa}}{D_a * T_d * R_p * D_m} \quad (\text{ec. 12})$$

Donde,

N_{pn} = número de perforadoras

M_{pa} = metros a perforar por año

D_a = días a trabajar por año

T_d = turnos a trabajar por día

R_p = rata de perforación (m/h)

D_m = disponibilidad mecánica

Las siguientes ecuaciones son utilizadas para obtener las variables arriba descritas a fin de determinar el número de perforadoras:

❖ Volumen a remover por perforación (V_h)

$$V_h = E * R * H \quad (\text{ec. 13})$$

Dónde:

E= Espaciamiento.

R= Retiro.

H= Altura de banco.

❖ Cantidad de metros cúbicos a perforar (Mcp)

$$M_{cp} = \frac{(P_{mb} * \% \text{ a volar}) + (P_{md} * \% \text{ a volar})}{\rho} \quad (\text{ec. 14})$$

Donde,

Pmb= Producción anual de material regular a blando.

Pmd= Producción anual de material duro.

% a volar = porcentaje a volar de cada material

ρ = Densidad promedio.

❖ Numero de huecos a perforar al año (Nha)

$$N_{ha} = \frac{M_{cp}}{V_h} \quad (\text{ec.15})$$

❖ Número de metros a perforar al año (Mpa)

$$M_{pa} = (\text{altura de banco} + \text{sobreperforación}) * N_{ha} \quad (\text{ec. 16})$$

3.7 Calculo del patrón de voladura

En las voladuras en bancos, al igual que en otros tipos de labores de voladuras de rocas, el propósito fundamental es perforar agujeros en la roca para cargarlos con explosivos, de manera tal que se obtenga como resultado un disparo con efectos óptimos.

Las voladuras en bancos se pueden definir como la perforación vertical de huecos en una o varias hileras desde una cara libre, los cuales son volados con el fin de crear una segunda cara libre. (Gil M, 1.997).

Otros la definen como la forma de llevar a cabo con la utilización de energía química, el troceo de la misma, obteniendo un tamaño medio predeterminado, colocando el centro de gravedad de la masa dentro de unos límites fijados y sin producir efectos nocivos en las zonas vecinas.

Los explosivos y accesorios de voladura que se utilizan de manera universal son explosivos como el ANFO el cual está compuesto de Nitrato de Amonio y Gasoil o Fuel Oil en porcentajes de 94,5 % y 5,5 % respectivamente y el ANFOAL compuesto de 87 % Nitrato de Amonio, 3 % Gasoil y 10% Aluminio. La sensibilidad y velocidad de detonación de ambos, está estrechamente relacionada a la densidad con que se cargan, con un cargado más denso sus velocidades aumentan, pero sus sensibilidades disminuyen. (Estaba, H 1.990).

Entre los accesorios para las voladuras tenemos:

- ❖ Boosters o reforzador: Es un explosivo de alta presión de detonación (Pentolita), usado para iniciar la columna de explosivos, este viene dentro de cilindros plásticos de 1 lb de peso. (Estaba, H 1.990).

- ❖ **Cordón detonante:** Es un cordón que se utiliza para las conexiones del disparo. Está conformado por un núcleo de explosivo de alto poder (Pentrita), cubierto con papeles, hilo y una cobertura de plástico la cual la hace impermeable y resistente a la tensión (Marín, F 1.991). El cordón utilizado en cerro Redondo para las voladuras primarias es de 10 gr/m y el utilizado en las voladuras secundarias es de 6 gr/m.
- ❖ **Retardadores:** Son dispositivos cuya función es paralizar la detonación en una determinada cantidad de milisegundos, proporcionando así, una cara libre de menor dimensión a las filas posteriores, debido a la salida de las filas de huecos que se encuentran delante de ellas (Estaba, H 1.990). Para los disparos de cerro Redondo se emplearán retardos de 50 milisegundos.
- ❖ **Mecha de seguridad y fulminante:** Estos elementos son utilizados para iniciar el disparo, la mecha de seguridad es de pólvora negra y deflagra a una velocidad de 0,5 m/min, para cada disparo se empleará 1 m de esta mecha. La mecha acciona el fulminante que está ensamblado a ella y este a su vez al cordón detonante que inicia el disparo. (Estaba, H 1.990).

3.7.1 Diseño del patrón de voladura

Con la finalidad de obtener un diseño de patrón de voladuras efectivo, para realizar los cálculos se toman en cuenta los parámetros básicos, así como la producción y volumen de roca necesario.

- ❖ **Diámetro del Barreno (De = 3”):** Según el Instituto Tecnológico de España (I.T.G.E, 1994), la elección del diámetro de los barrenos depende de la producción horaria, o ritmo de la excavación, y de la resistencia de la roca (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Dimensiones de Diámetros de los Barrenos.

Fuente: I.T.G.E. (1994) “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”

<i>Diámetro del Barreno (mm)</i>	<i>Producción Horaria Media (m³b/h)</i>	
	Roca blanda – media < 120 Mpa	Roca dura – muy dura > 120 Mpa
65	190	60
89	250	110
150	550	270

- ❖ Retiro (R): Es la distancia mínima desde el eje del barreno al punto de alivio o cara libre, al momento que un barreno detona, (I.T.G.E. 1994) (Figura 3.22).

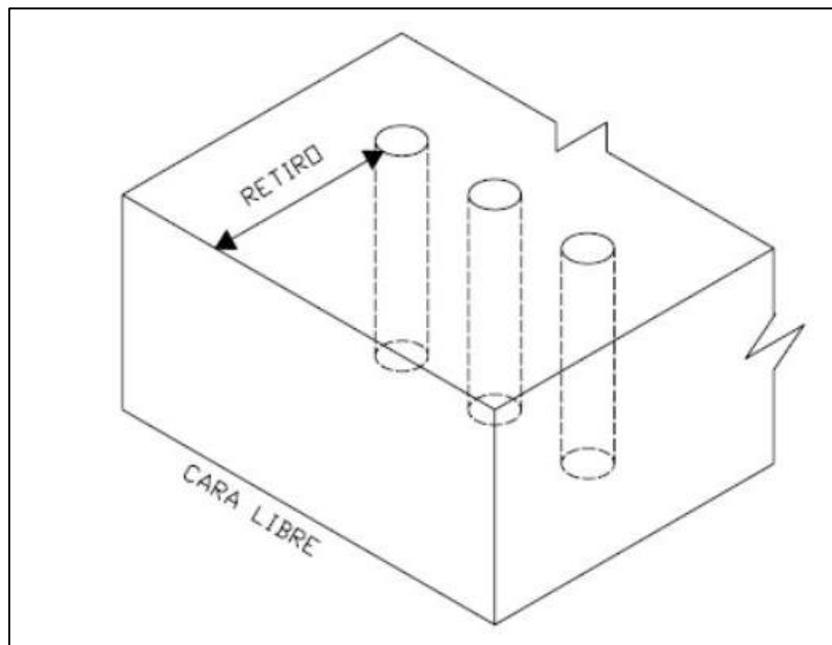


Figura 3.22. Retiro de los Barrenos

$$R = (25 \text{ a } 40) * De$$

(ec. 17)

$$R = 35 * De$$

De = diámetro del explosivo

En la tabla 3.2 se indican los valores tentativos de los parámetros geométricos en función de las resistencias de las rocas. Se selecciono el valor de 35D, ya que la roca se cataloga como dura.

Tabla 3.2. Valores Tentativos de Parámetros Geométricos.

Fuente: I.T.G.E. (1994) “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”. Modificada.

<i>Variable de Diseño</i>	<i>Resistencia a la Compresión Simple</i>			
	Blanda < 70	Media 70 - 120	Dura 120 - 180	Muy dura > 180
Retiro (R)	39D	37D	35D	33D
Espasiamiento (E)	51D	47D	43D	38D
Retacado (Tc)	35D	34D	32D	30D
Sobreperforación (J)	10D	11D	12D	12D

- ❖ **Mínima altura de Banco (H):** La altura de banco (H) es la distancia vertical entre la cresta y el pie del banco (Figura 3.23). La relación de rigidez se define como la relación entre la altura del banco (H) y el retiro (R); cuando la relación H/R es muy pequeño, se creará cráter y la roca no se moverá adecuadamente.

Al igual que el diámetro I.T.G.E (1994), explica que la altura es en función del diámetro de perforación. Las dimensiones recomendadas se presentan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Dimensiones de Altura de Bancos.

Fuente: I.T.G.E. (1994) “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”

<i>Altura de Banco (m)</i>	<i>Diámetro del Barreno (mm)</i>	<i>Equipo Recomendado</i>
8 – 10	65 – 90	Pala de ruedas
10 – 15	100 – 150	Excavadora

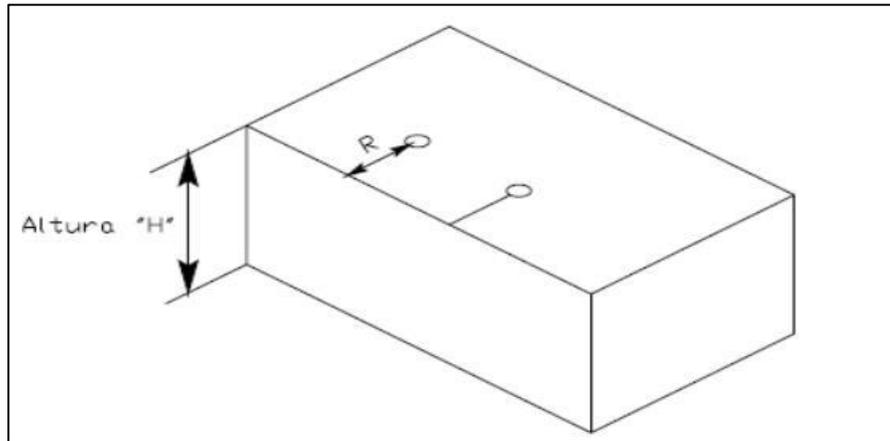


Figura 3.23. Altura de Banco

- ❖ Espaciamiento (E): Es la distancia que hay entre barrenos de una misma fila, (Ob.Cit). En la figura 3.24 se puede observar el espaciamiento y el retiro de los barrenos.

$$E = (1 \text{ a } 1,8) * R$$

(ec. 18)

siendo 1,15 el más óptimo según (I.T.G.E 1994).

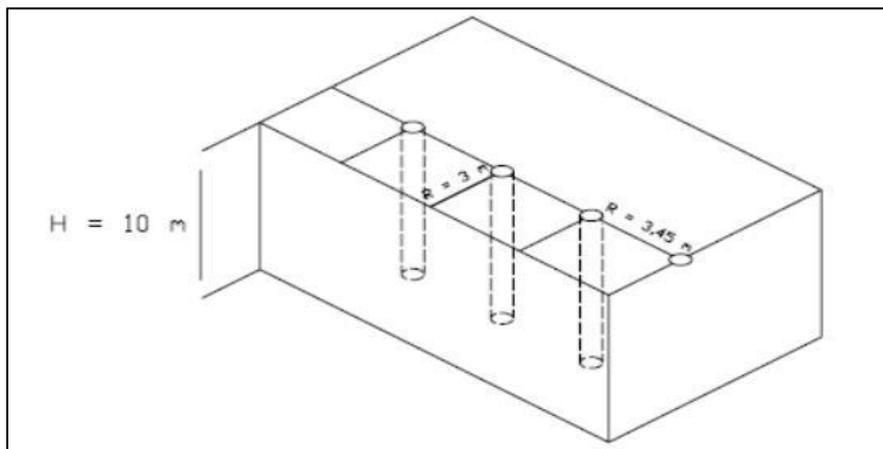


Figura 3.24. Espaciamiento y Retiro

- ❖ Sobre Perforación (J): Es la longitud de barreno por debajo del nivel del piso propuesto para romper la roca a la altura del banco y lograr una fragmentación y desplazamiento adecuado que permita al equipo de carga alcanzar la cota de excavación prevista (Ob. Cit).

$$J = (0,2 \text{ a } 0,5) * R \quad (\text{ec. 19})$$

Siendo 0,3 el valor recomendado según (I.T.G.E 1994), para que se produzca la intersección de las superficies cónicas al nivel del banco.

- ❖ Carga de Fondo (Eb): La carga de fondo se requiere para romper el pie del banco y usualmente se recomienda que el explosivo empleado para esto tenga un RBS 25% superior al explosivo empleado en la columna. Se requiere una gran energía en el fondo para mover el pie y mantener el nivel del piso.

El cebado en fondo produce una mejor utilización de la energía del explosivo resultando un incremento de la fragmentación y desplazamiento de la roca con una disminución de las proyecciones. (I.T.G.E. 1994). Los cebados múltiples solo son recomendados cuando la altura del banco es grande y los barrenos atraviesan zonas con diferentes características litológicas y grados de facturación de rocas o casos especiales de presencia de agua.

$$Eb = (0,6) * R \quad (\text{ec. 20})$$

- ❖ Retacado (Tc): es la longitud de barreno en la parte superior que normalmente se rellena con material inerte para confinar los gases de la explosión, para permitir por completo el proceso de fragmentación de la roca, (Ob. Cit.).

$$Tc = (32) * D \quad (\text{ec. 21})$$

❖ Altura de la columna explosiva (Lc):

$$Lc = H + J - Tc \quad (\text{ec. 22})$$

❖ Carga Lineal:

$$Kg / m = 0,785 * De^2 * d \quad (\text{ec.23})$$

d = Densidad del Explosivo

❖ Factor de Carga (Fc):

$$Fc = (\text{masa del explosivo}) / (\text{volumen de roca}) \quad (\text{ec. 24})$$

$$Fc = \pi * (De/2)^2 * \text{Densidad Explosivo} * (H+J-Tc) / \text{Vol. de roca}$$

$$\text{Vol. de roca} = \text{Retiro} * \text{Espaciamiento} * \text{Altura de Banco} = R * E * H$$

3.8 Depósitos y/o escombreras

La deposición del estéril producidos por las operaciones mineras, comprenden una gran parte del volumen del material a ser removido por minería de superficie, para un mejor aprovechamiento de la mena y depende directamente de la relación de explotación. Por lo tanto, la deposición de estos materiales representa una inversión significativa en recursos monetarios, equipo, y personal. Su construcción está sujeta al relieve de la mina y su deposición depende de la estabilidad de los taludes de las diferentes terrazas que lo componen, y a la posibilidad de polución de los recursos

naturales, ya que las consideraciones económicas y el impacto potencial del medio ambiente deben ser cuidadosamente analizados.

3.8.1 Tipos de depósitos y/o escombreras

De acuerdo con la configuración topográfica del terreno y la ubicación con respecto a la fosa, se tienen las diferentes opciones de deposición. Los depósitos y/o escombreras se dividen de la siguiente manera.

3.8.1.1 Depósitos y/o escombreras externas: Se localizan fuera del área de explotación del yacimiento, en lugares que minimicen la distancia de acarreo; en terrenos planos, valles, laderas, y en colinas. Los tipos más comunes se describen a continuación:

1) **Aéreos:** Son construidos en terrenos relativamente planos, en una o sucesivas terrazas, compactas e interconectadas entre sí por medio de rampas establecidas entre el nivel original topográfico y los niveles a la altura de descarga. Estos en la mayoría de los casos son ubicados en áreas ya explotadas, para evitar la deposición en zonas verdes o que luego puedan ser aprovechadas con fines ecológicos. (Urbina R, 2000).

2) **De valles:** Pueden ser construidos en valles en forma de terrazas ascendentes, es decir, de abajo a hacia arriba. Los materiales pueden ser colocados en los valles y se conforman mediante el empuje directo del material hacia el fondo, por sucesivas capas, conformándolas desde la hondonada hasta la altura necesaria o por niveles desde arriba. La adopción de la forma depende de las condiciones de seguridad, calculadas según las características mecánicas de los materiales. (Urbina R, 2000).

3) **De laderas:** Una práctica muy común es ubicarlos en el talud de una ladera, para que el material caiga por gravedad, desde una determinada elevación o cresta,

Constituyendo en muchas ocasiones las etapas iniciales para la construcción de los niveles iniciales en los depósitos y/o escombreras en valles. (Figura 3.14). (Urbina R, 2000).

4) De colinas: Son ubicados en las crestas de las colinas, en ambos lados de estas y pueden ser depositados de atrás hacia delante.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación de tipo descriptiva, consiste en la caracterización de un hecho, o fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. El investigador describe situaciones y eventos. Los estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Fidias G. Arias, 2006).

Para el desarrollo de esta investigación aplica el tipo descriptivo ya que la muestra de datos de sondeos geoexploratorios será sometida a análisis multivalente, estadísticos y geoestadísticos para establecer las características de calidad del yacimiento en estudio a través de la aplicación de un software minero.

También es exploratoria ya que, está orientada al conocimiento del comportamiento geológico y de especificaciones de calidad, donde se toma como referencia o punto de partida de este estudio; debido a que se realiza con el propósito de tener en consideración los aspectos fundamentales de la aplicación del mismo en la actualidad, seguido de la búsqueda de investigaciones efectuadas en la zona de estudio con el propósito de conocer los principales rasgo geológicos y estructurales que ayuden a describir en mejor medida las características estructurales, geológica y de calidad del yacimiento.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación que se realizará es de tipo experimental y parcialmente de campo. Esta consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que producen (variable dependiente), y parcialmente de campo ya que solo se visita la zona para observación directa y no existe recolección de datos cuantitativos (Fidias G. Arias, 2006). En tal sentido, las muestras de datos geo exploratorios se evaluó con distintos criterios de explotación y correlaciones para fijar el modelamiento más óptimo y se visitó la zona para observación del relieve apto para la vía férrea.

4.3 Población

La población está conformada por los yacimientos de mineral de hierro que se encuentran en el complejo Ferrífero de Ciudad Piar, denominado Grupo Redondo, en el cual están cerro Redondo extensión de 2,4 km de largo por 0,81 km de ancho, Cerro Ricardo extensión de 3,2 km de largo por 0,8 km de ancho y Cerro La Estrella con una extensión de 1,9 km de largo por 1,4 km de ancho, los cuales no están explotación en la actualidad.

4.4 Muestra

La muestra está conformada por los datos de los sondeos geoexploratorios realizados desde la década de los 50, sondeos realizados entre los años 2003-2004 y sondeos actuales. Para un total de 277 sondeos para una extensión total de 7 km².

A continuación, se detalla la distribución de sondeos en cada cerro.

- ❖ Cerro Redondo: El Cerro Redondo dispone de la información de 73 sondeos realizados por la empresa Orinoco Mining Company en la década de los años 50, 123 sondeos realizados por le empresa C.V.G Ferrominera Orinoco en los años 2003 – 2004 y 9 sondeos en la actualidad. Para un total de 205 sondeos geoexploratorios.

- ❖ Cerro Ricardo: Se cuenta con la información que suministraron de 38 sondeos geoexploratorios.

- ❖ Cerro La Estrella: Para el Yacimiento la Estrella se manejaron 34 sondeos geoexploratorios.

4.5 Procedimiento de trabajo para la realización de la investigación

La planificación de la ejecución del proyecto fue estructurada por etapas, en las cuales se desarrollaron actividades para el cumplimiento de los objetivos planteados. La investigación se desarrolló sobre la base de un esquema metodológico, el cual constó de cuatro (4) objetivos específicos y dieciséis (16) actividades, las cuales se describen a continuación. En la figura 4.1 se presenta el flujograma de trabajo.

4.5.1 Recopilación de información bibliográfica y antecedentes

Para la recopilación de datos se consultaron trabajos bibliográficos relacionados con el grupo Redondo (sobre geología local y regional del yacimiento), trabajos anteriores realizados en la zona tales como tesis y exploraciones de la empresa, además, de la información suministrada por la Jefatura del Área de Planificación y Desarrollo de Mina de C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.; Ciudad Piar.

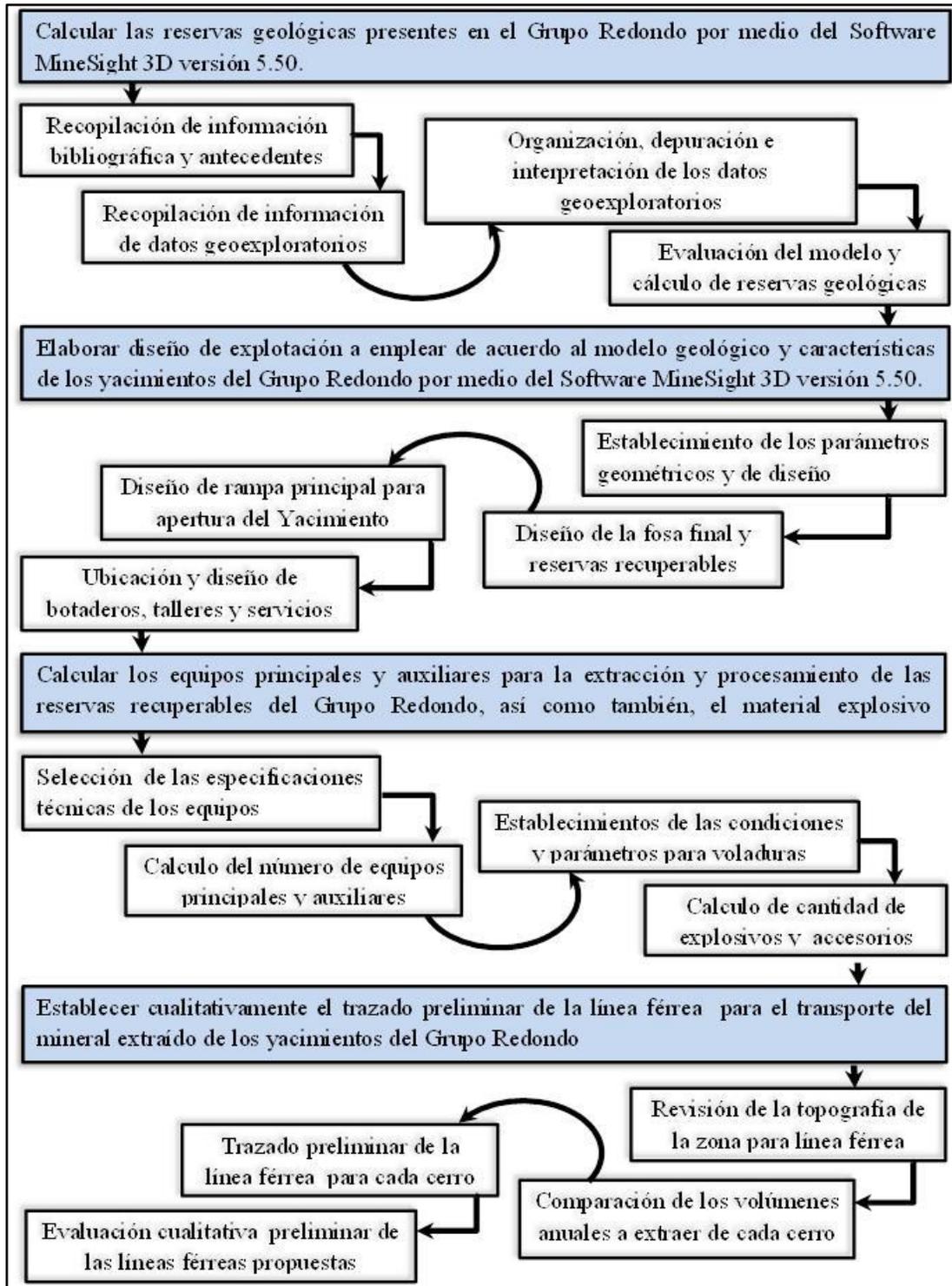


Figura 4.1 Flujograma de actividades para el cumplimiento de los objetivos de la investigación

Para obtener mayor información del yacimiento, fue necesario recibir una inducción sobre la utilización del Software MineSight 3D versión 5.0 y así llevar a cabo la propuesta planteada.

4.5.2 Recopilación de información de datos geoesploratorios

A través de la jefatura de planificación de minas y el departamento de Geología, se obtuvieron los datos de los sondeos geoesploratorios históricos y recientes, los cuales fueron clasificados y agrupados para cada cerro del grupo redondo. En las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 se observa la distribución de las cantidades de sondeos para cada uno de los cerros.

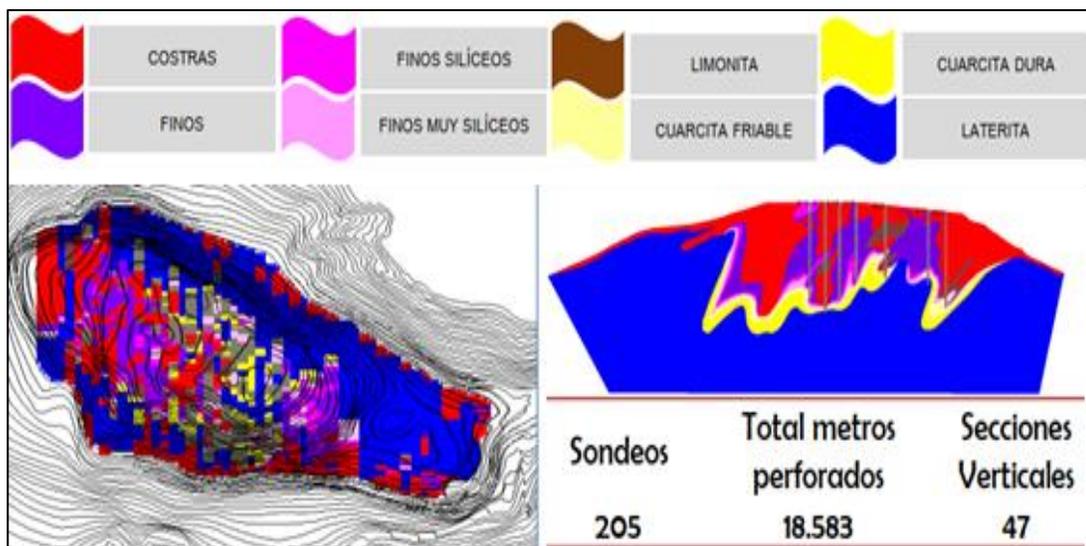


Figura 4.2 Sondeos y descripción litológica de Cerro Redondo
Fuente: Departamento de geología F.M.O

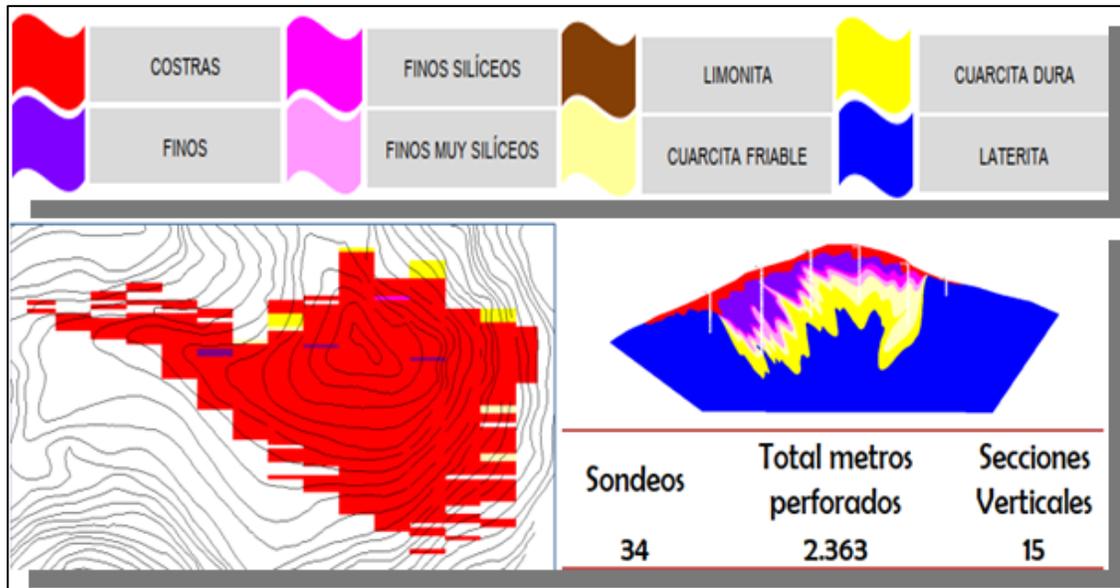


Figura 4.3 Sondeos y descripción litológica de Cerro La Estrella
Fuente: Departamento de geología F.M.O

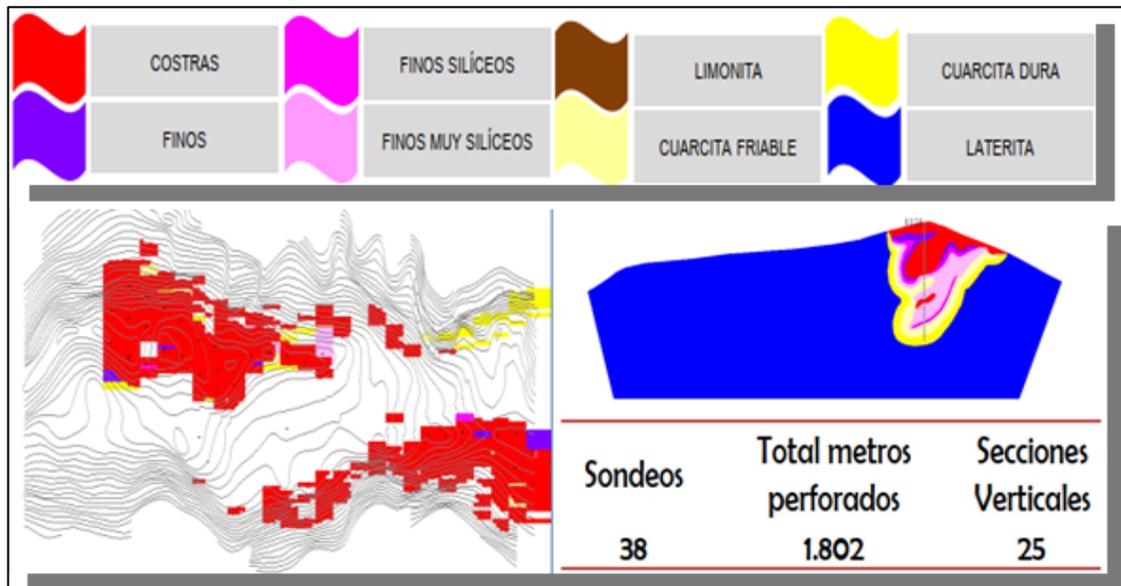


Figura 4.4 Sondeos y descripción litológica de Cerro Ricardo
Fuente: Departamento de geología F.M.O

4.5.3 Organización, depuración e interpretación de los datos geoexploratorios

Una vez ubicado los datos de los sondeos y clasificados en cada área, se procedió a la evaluación estadística de los mismo con el propósito de depurar y posteriormente interpretar geológicamente el comportamiento de cada yacimiento, en cuanto a los distintos tipos de materiales existente en la zona y la topografía. Las figuras anteriores muestran dicho comportamiento de los materiales en cada cerro del grupo Redondo. Cabe resaltar que la evaluación estadística se realiza internamente en el software es confidencialidad de la empresa.

4.5.4 Evaluación del modelo geológico y cálculo de reservas Geológicas

Para el cálculo de las reservas geológicas es necesario generar envolventes económicas.

Los envolventes o límites económicos de la fosa son diseñados en MineSight Compass mediante el uso del conjunto de programas Dipper por sus siglas en inglés (Dynamic Interactive Pit Planner and Evaluator), que significa Planificador y Evaluador Interactivo Dinámico de Fosas. A los diseños de Fosas económico se les refiere como Pits “Dipper” y estos se usan por lo regular como líneas guías para diseños más detallados que toman en cuenta los caminos, anchos mínimos de minado, etc.

Para iniciar el Dipper se debe asignar valores (Neto 2) a cada bloque del modelo; estos valores se calcularon en base a la información aportada por C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. Los mismos están clasificados por concentración y sin concentración; concentrar se refiere a adicionar el material alto en sílice como mena luego de someterlo a procesos de concentración en la Planta de Concentración para Cuarcitas

Friables, para que cumpla con los parámetros requeridos por la empresa. Antes de inicializar el modelo geológico del yacimiento con los valores Neto 2 se le debe asignar el destino (Figura 4.5) a la litología. Luego, se le asigna nombre al archivo (dest5.cla) que contiene los porcentajes de los parámetros químicos: % Fe, % SiO₂, % P, % Mn (Figura 4.6).

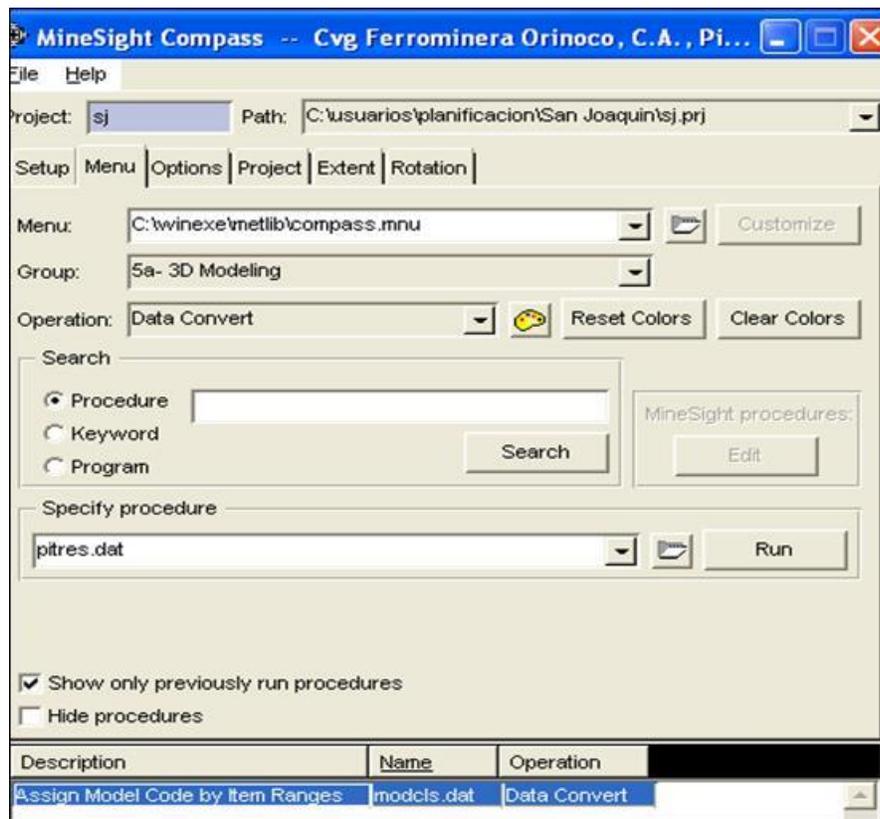


Figura 4.5 Asignación de destino

modcls.dat

File Edit Go

Using response file : dodcls.dat

ASSIGN A CODE ITEM/MATERIAL CLASS BASED UPON OTHER ITEMS

1 Number of zones/seams per block (Maximum of 6) (Use 1 for GSM)

dest5.CLA Filename of input file with class and grade/quality ranges

Build input file with next panels? (Default is file already exists)

Names of grade items without the 1,2,.. /A,B,.. suffix

1	LITO	2	Fe	3	SiO2	4	P	5	Mn
6		7		8		9		10	

dest Name of Class/Code item to assign code to (without suffix)

Is item suffix alpha? (ie, A,B,..) (for multiple zones per block)

Use optional bench/level range in Input File?

CLASS/CODE# is real? (Default=integer)

Default code value for unassigned zones (ie: no qualifying match)

Levels of model to access (DEFAULT=all)

Run file ext (Default=tmp) Report file ext (Default=tmp)

Figura 4.6 Asignación del archivo (dest5.cla)

Una vez finalizada la fase anterior se procede a la inicialización del proyecto (Figura 4.7); para poder presentar los valores de Neto 2 según las litologías; luego, se deben colocar los ítems: dest (destino), Topo (topografía) y dens (densidad) que son los que se van a utilizar del modelo (Figura 4.8). El siguiente paso consiste en colocar los rangos a los destinos que se les va a hacer el cálculo de valor económico (Figura 4.9). Este cálculo se hace por medio de la formula $neto2 = 10 * topo * dens * (US/TM)$; la misma va a determinar el valor de cada bloque que tenga las características del rango asignado y si es económicamente rentable o no (Figura 4.10); reportando así las reservas geológicas.

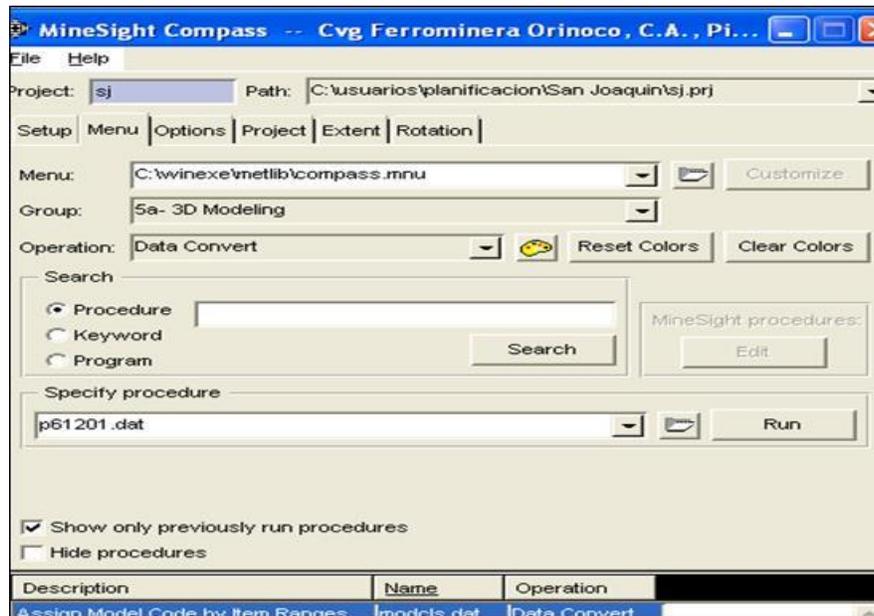


Figura 4.7 Inicialización del modelo

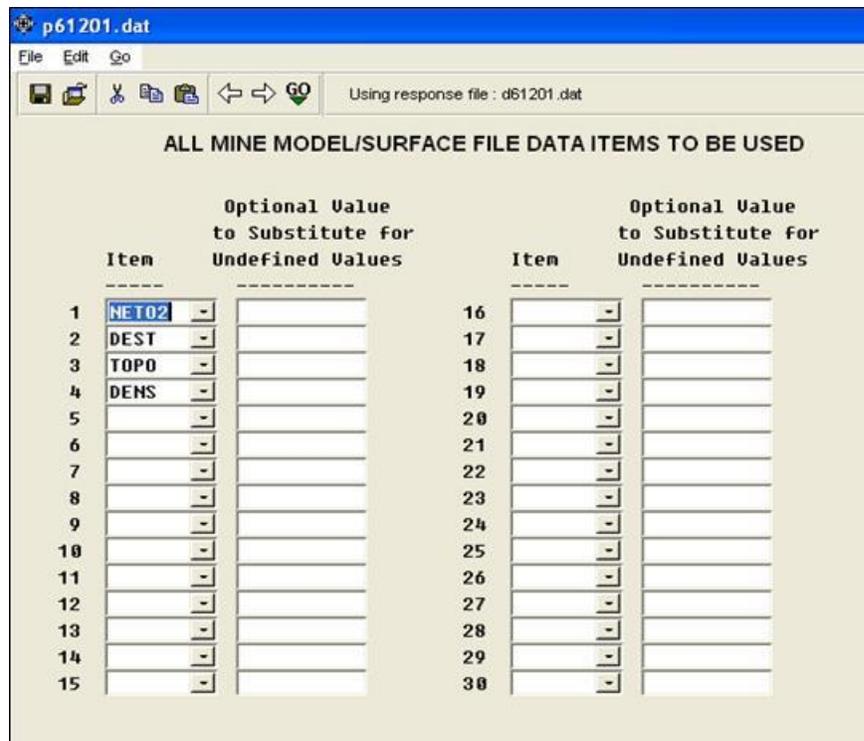


Figura 4.8 Asignación de ítems

p61201.dat

File Edit Go

Using response file : d61201.dat

OPTIONAL DATA SELECTION FOR M612RP CALCULATIONS

Item Label	Keyword Range		Minimum	Maximum
	or	Omit		
DEST	RANGE		7.	7.
-	-			
-	-			
-	-			
-	-			

| |
| +-> Use keyword only if label is included.
+--> Blank Out label to deactivate range checking.

Perform UNDEF Substitution BEFORE above Range Checking
(DEFAULT=Perform UNDEF Substitution AFTER above Range Checking)

Boundary Option (0=No, 1=Use boundary file)
Optional name and type of a boundary points file
INCL=Include (DEFAULT), EXCL=Exclude data within boundary
Z-coord item (REQUIRED for both inclined 2-D Surface files
-and- GSM files 14 & 15).

Figura 4.9 Asignación de rangos para calcular valor económico

p61201.dat

File Edit Go

Using response file : d61201.dat

DEFINE SPECIAL PROJECT CALCULATIONS FOR M612RP

You can perform up to 30 different calculations (eg, GTK = GRADE * THICK)

You cannot use items that have -, *, and / in their item labels. Use ALIAS IS.

Calc #1 : $neto2 = 15 * topo * dens * (-1.02)$

Calc #2 : _____

Calc #3 : _____

Calc #4 : _____

Calc #5 : _____

Calc #6 : _____

Calc #7 : _____

Calc #8 : _____

Calc #9 : _____

Calc #10 : _____

More calculations? (DEFAULT=No)

Items for your use:
NETO2 DEST TOPO DENS

Figura 4.10 Aplicación de la formula Neto2

4.5.5 Establecimiento de los parámetros geométricos y de diseño

Para establecer los límites de la excavación, se verificó hasta que nivel hay presencia de mineral, decidiendo el ancho tentativo de la fosa y hasta que nivel se tenía el ancho operativo para la excavación, obteniendo de este modo la profundidad máxima de avance. También se consideró que tipo de excavación se debía efectuar para cada yacimiento bien sea open cut, open pit o una mezcla de ellos. Dependiendo de la topografía del yacimiento y de la disposición de los bloques mena dentro de dicha topografía. Los parámetros de diseño se fueron evaluando a partir de los usados en 2003 (González, Franklin) y en 2014 (Bolívar, Enyerberth) donde indicaban 15 m de altura de banco, 10m de ancho de berma, 70° ángulo de talud y 45° de ángulo de fosa. Se fue reduciendo la altura de banco y el ancho final de berma para el diseño de fosa abierta (open Pit) obteniendo parámetros finales de diseño de bancos de 10m de alto, 6,3 m de berma final (manteniendo 10 m de ancho mínimo de bermas operativas durante la explotación), 45° de ángulo de fosas y 70° de ángulo de talud, con vías de accesos de 30m de ancho y pendientes de 10° como máximo. De esta manera se obtuvo un mejor aprovechamiento del recurso mineral, reduciendo la extracción de estéril por tonelada de mineral. La empresa F.M.O ha venido trabajando con alturas de banco de 15m de alto, por lo que una altura de 10 m no será contraproducente en relación a la dureza de la roca y estabilidad de taludes.

4.5.6 Diseño de la fosa final y reservas recuperables

Para la elaboración de la fosa se requieren los siguientes parámetros:

- ❖ Parámetros técnicos: Ángulo de fosa, Ángulo de talud o del banco, Berma de seguridad, Altura de banco, Ancho mínimo operativo, Pendientes de las carreteras, Ancho mínimo del frente de explotación.

- ❖ Parámetros geológicos: topografía, modelo geológico.
- ❖ DIPPER generado a través del Compass.

Una vez obtenido el DIPPER generado por el MineSight Compass, se proceden a suavizar los ángulos y a expandir el mismo creando un archivo VBM para poder exportarlo al MineSight 3D y utilizar la herramienta “Pit Expansion Tools” en la creación de rampas y líneas de pie y cresta. En la figura 4.11 vista 2D; la línea negra es del DIPPER por ejemplo en el nivel 505 generado por el MineCompass, las líneas azules y rojas representan la cresta y el pie del banco respectivamente, creados por la herramienta de Pit expansión tools; en el mismo se indica el ancho, nivel y orientación de las carreteras (líneas amarillas). Editando el Pit 2D (Figura 4.12), triangulando e interceptando con la topografía original ya sea con o sin carreteras se generan archivos parciales (Figura 4.13) para proceder al cálculo de reservas recuperables aplicando nuevamente el MineSight Compass. En la figura 4.14 se observa un ejemplo de una fosa triangulada y cortada con la topografía del yacimiento.

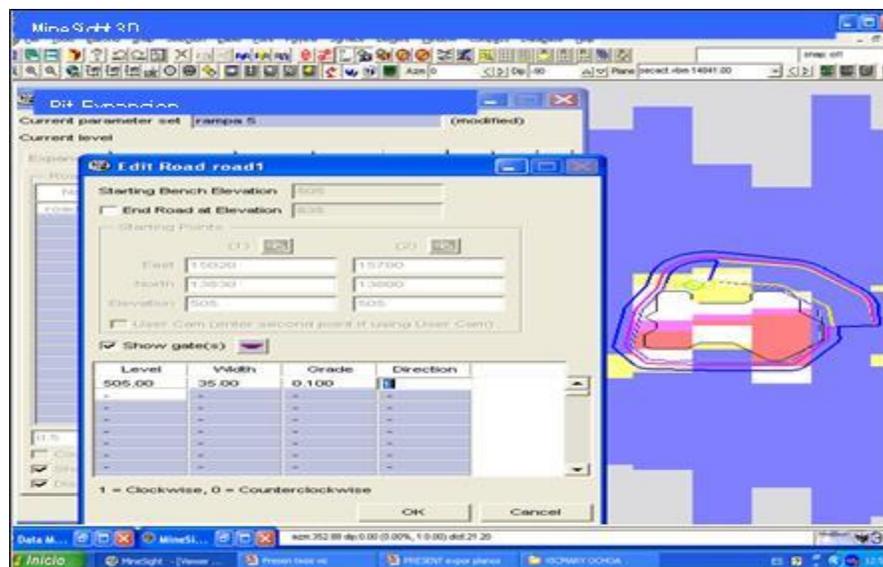


Figura 4.11 Diseño de la fosa utilizando las herramientas de Expansión

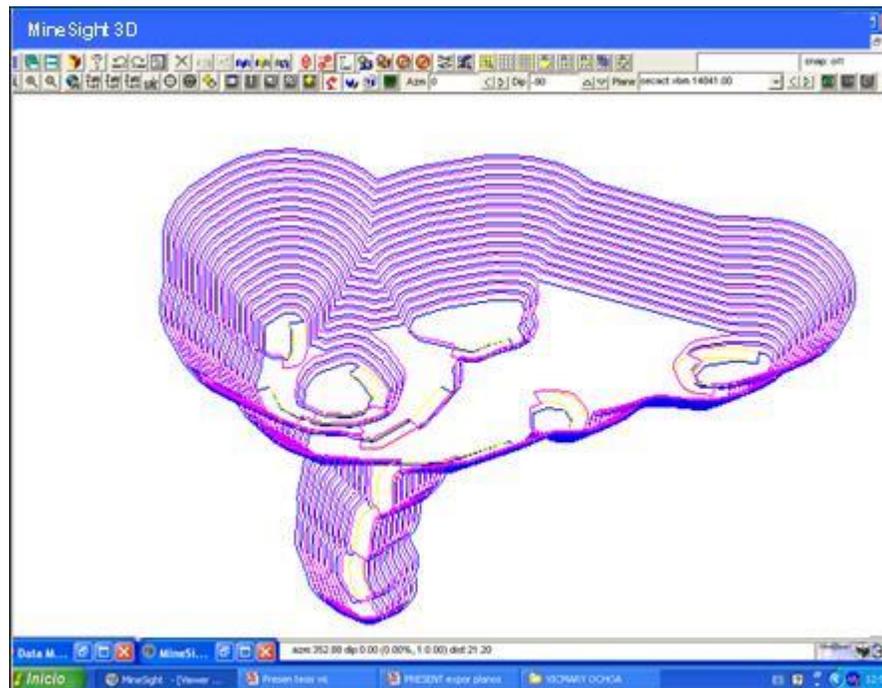
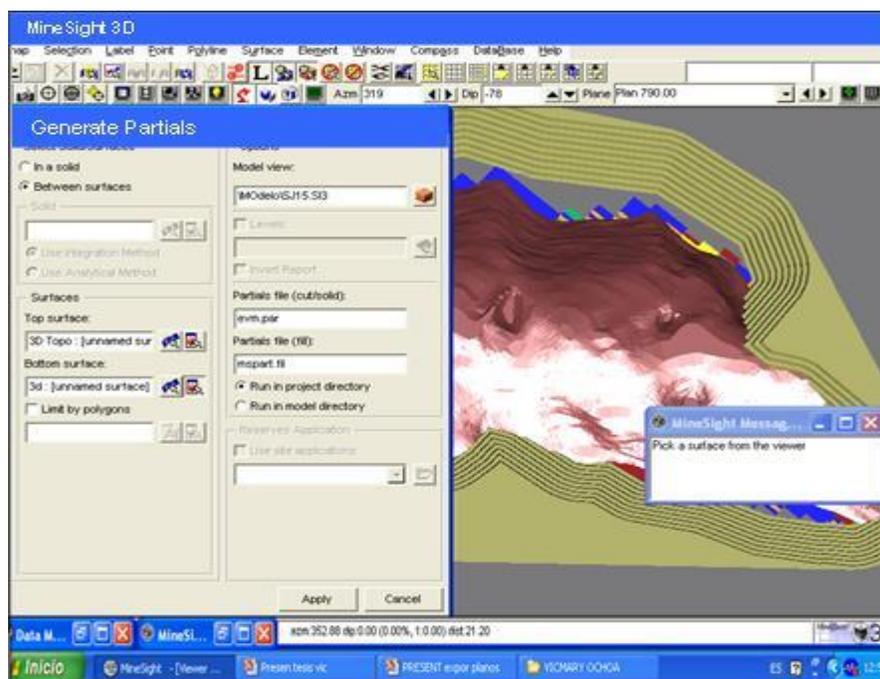


Figura 4.12 Vista en 2D de la Fosa Final



4.13 Generación de Archivos parciales

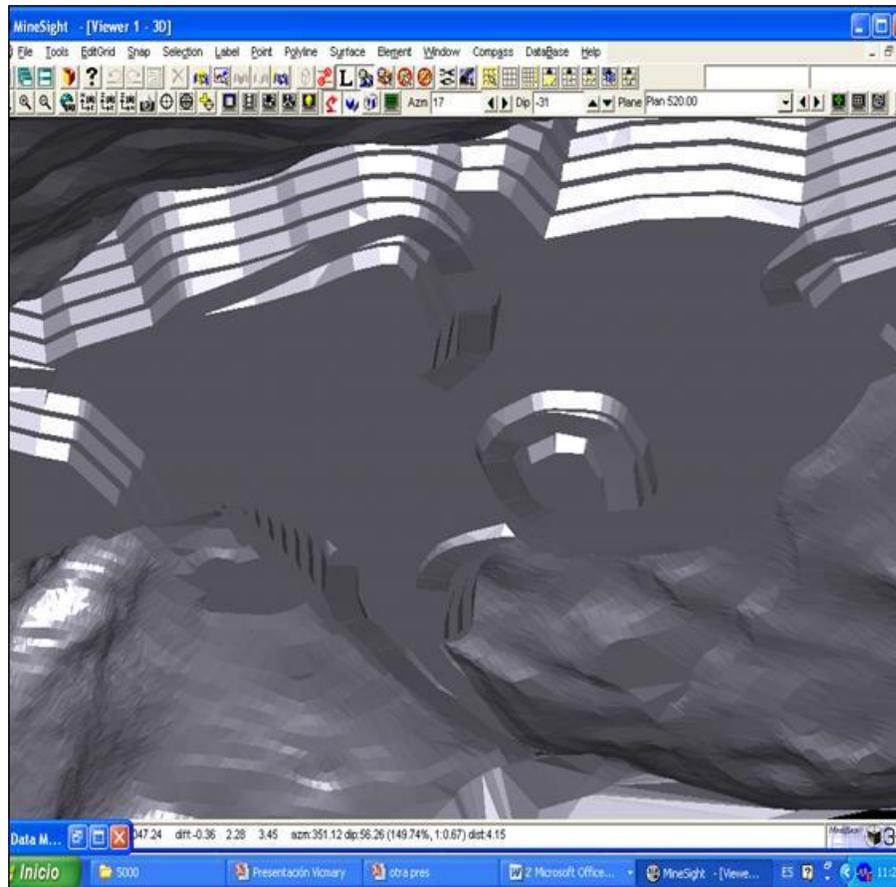


Figura 4.14 Fosa interceptada con la topografía del yacimiento (vista en 3D)

Una vez finalizado el diseño del pit, se realiza el cálculo de reservas sin rampa y con rampas, se le asigna un nombre al archivo parcial y este nombre es el que se va a utilizar para poder obtener las reservas recuperables y el escombro asociado con las herramientas del Mine Compass (Figura 4.15), además se puede obtener un informe detallado de las toneladas de los materiales presente en cada nivel, también un resumen para el total de la fosa.

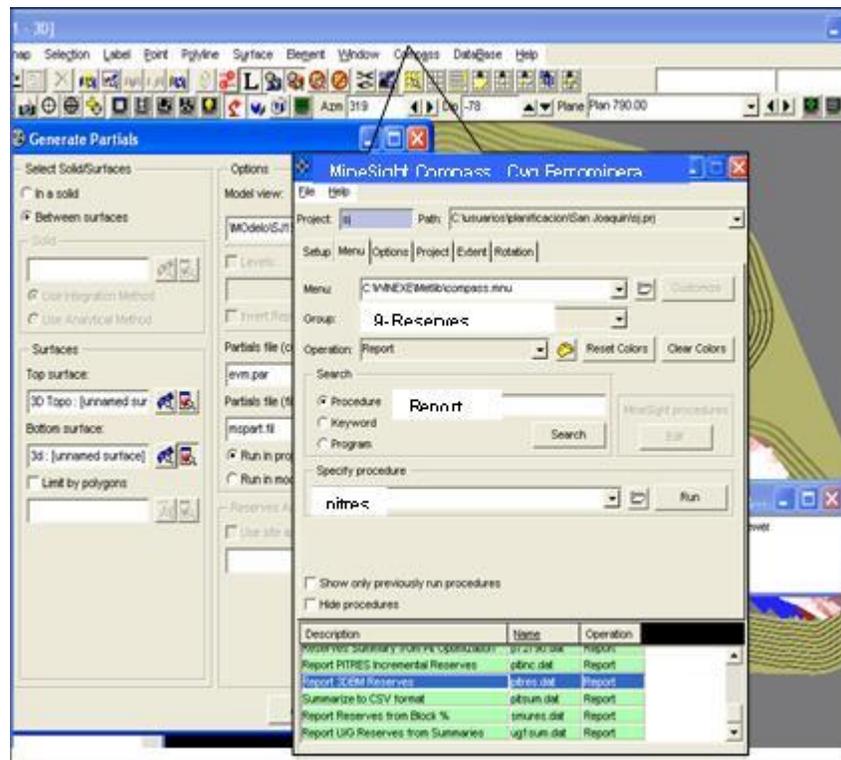


Figura 4.15 Herramienta para calcular reservas recuperables

4.5.7 Diseño de rampa principal para apertura del Yacimiento

Las rampas desempeñan un papel importante en el manejo del material extraído de la mina, el objetivo principal de estos caminos es conseguir uno rápido, seguro y de confiable acceso a los frentes de trabajo, y enlace a los puntos de destino del material. Esto se traduce en un proceso minero más económico y eficaz.

Para el diseño de la rampa de acceso se aplicaron las herramientas del programa MineSight sobre el plano topográfico de la zona (Figura 4.16), tomando en cuenta las características dimensionales de los equipos que transitarán por las vías.

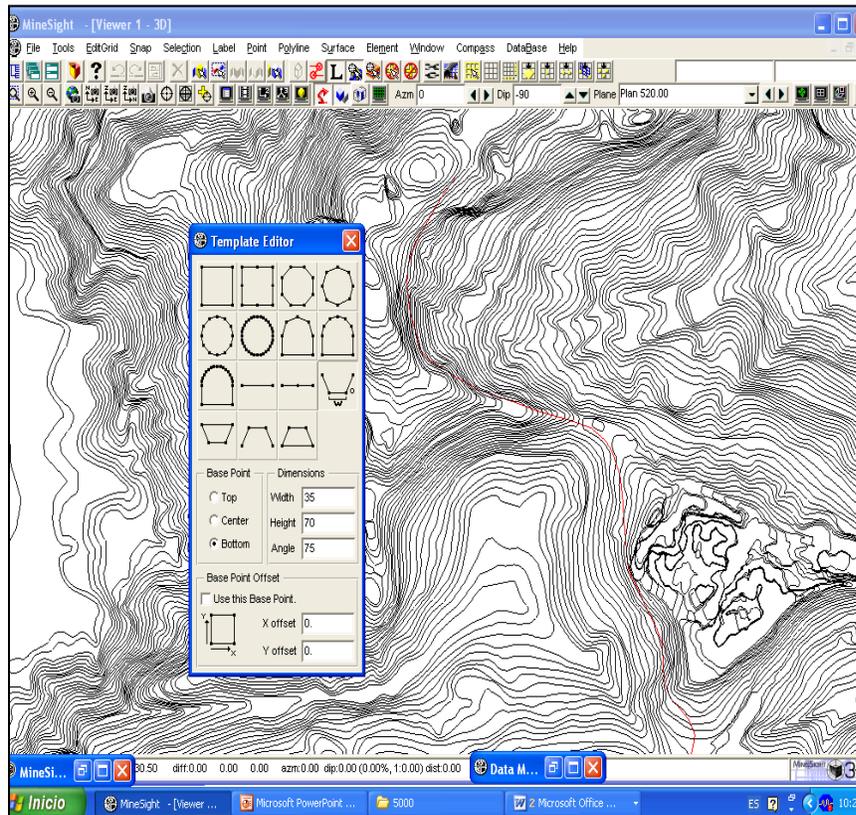


Figura 4.16 Aplicación de la herramienta MineSight 3D para rampas de acceso

4.5.8 Ubicación y diseño de botaderos, talleres y servicios

Los botaderos se diseñaron en base a los resultados obtenidos en la planificación, visualizando sobre el plano topográfico los lugares más idóneos, tomando en cuenta que deben estar lo más cerca de las labores mineras para minimizar los costos de acarreo y disponibilidad de los equipos sin causar grandes daños al ecosistema; luego se aplicaron las herramientas del MineSight 3D para la elaboración de los mismos.

En la figura 4.17, se muestra la aplicación de las herramientas en la elaboración de las primeras terrazas de los depósitos y botaderos (líneas rojas), con las rampas ya definidas.

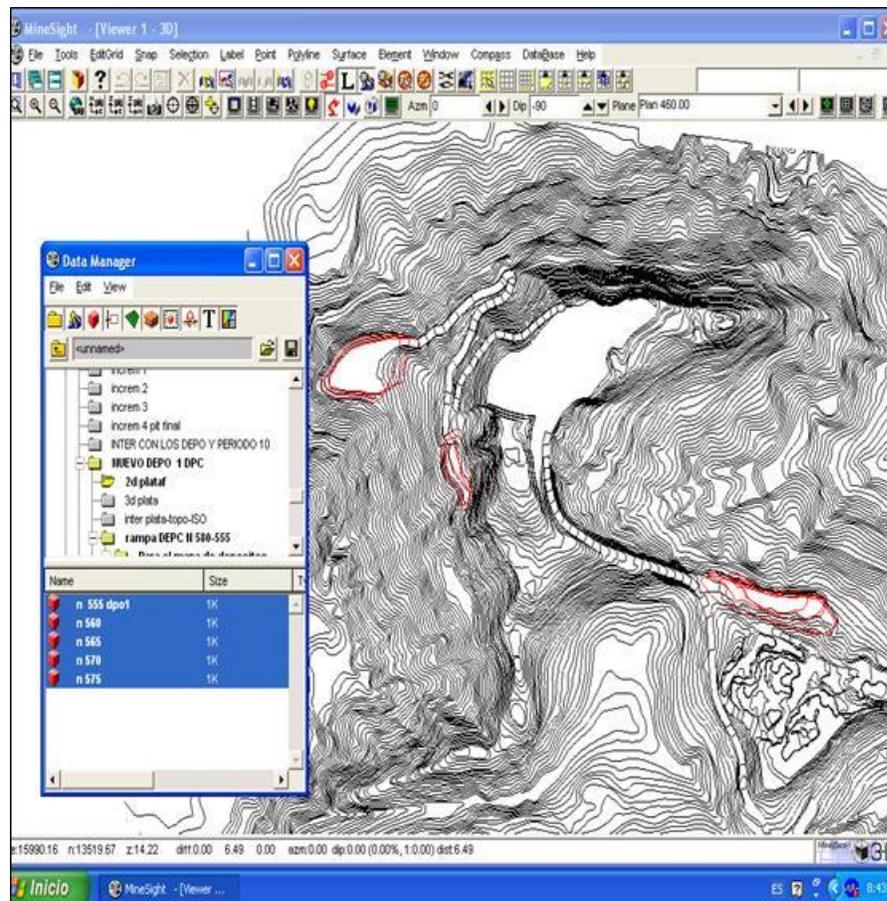


Figura 4.17 Aplicación de las herramientas construcción de depósitos

En el diseño de los depósitos y/o escombreras están considerados los siguientes parámetros empleados por C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.:

- 1) La topografía del terreno destinado a ser depósito y/o botadero.
- 2) Área disponible.

- 3) Drenaje de la zona.
- 4) Cantidad de escombros a remover.
- 5) Distribución del material.
- 6) La distancia de acarreo.
- 7) El equipo requerido.
- 8) Una distancia mínima de 200 m entre el piso de los depósitos y/o escombreras y algún manantial o del nacimiento de cualquier corriente de agua, y una de 25 metros para los cursos no navegables permanente o intermitente. (Artículo N.º 17, numeral 1 de la Ley Forestal de Suelos y Aguas).
- 9) Los depósitos proyectados cumplirán con las siguientes características de diseño:
 - ✓ Una altura de banco de 10 metros para la primera terraza y una altura de 5 metros para las restantes.
 - ✓ Inclinación de talud de 1:1¼.
 - ✓ Berma de 10 metros.
 - ✓ Una altura de terraplén en la cresta de 1,5 metros.
 - ✓ Pendiente del piso de 1 %.
 - ✓ Máxima pendiente de las vías de 10 %.
 - ✓ Ancho de las rampas de acceso de 30 metros.

El tipo de depósito seleccionado para verter el material estéril del Grupo Redondo son de tipo pilas en tortas o terrazas, estos son depósitos construidos en terrenos relativamente planos, en capas sucesivas y en la mayoría de los casos en áreas ya explotadas, para evitar el vertido de estériles en zonas fértiles. (Chacón, 1996).

Disposición en tortas o pilas: cuando no exista o no se disponga de laderas próximas para depositar materiales estériles se podrá recurrir a la construcción de tortas o pilas acopio (Ortiz 2016). En la figura 4.18 se muestra algunas de las características de diseño empleados en los depósitos y/o escombreras proyectadas.

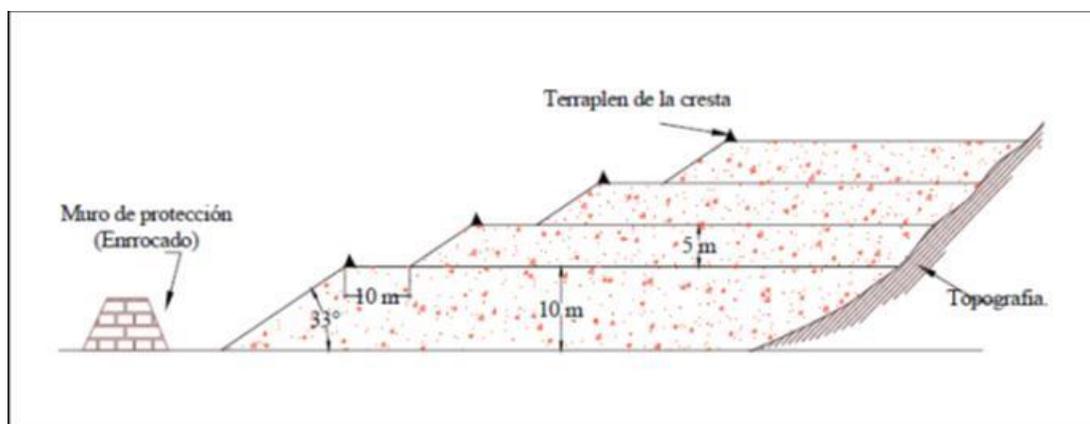


Figura 4.18 Representación esquemática de las escombreras y/o depósitos proyectados

Por otro lado, las áreas de servicios de mina y talleres para proporcionar apoyo logístico y servicios esenciales para las operaciones mineras, incluyen los talleres de mantenimientos mecánicos, áreas de almacenamiento de repuestos y equipos, instalaciones de sumideros de agua y energía, así también como zonas de descanso y comedores para los trabajadores de la mina, en la industria minera estas zonas de servicios pueden tener un impacto significativo en la productividad y seguridad de la mina.

Estas zonas se eligieron tomando en consideración la cercanía de las labores de explotación, relieve llano, evitar ubicación sobre posibles reservas y la no interferencia y la seguridad con los procesos de voladuras por posibles proyecciones.

4.5.9 Selección de las especificaciones técnicas de los equipos

Una vez calculado las reservas recuperables y cantidad de material no conforme, se procedió a identificar los equipos principales, secundarios y auxiliares necesarios para la producción de mineral, tomando en consideración los parámetros de diseño de las excavaciones, cantidad de volumen a cargar y transportar (demanda anual), las actividades inherentes como nivelación de carreteras rampas, construcción de terraplenes, minimización de polvos, mantenimiento en talleres, etc. Por otro lado, también se consideraron las mejores prácticas y resultados con maquinarias anteriores para darle mayor soporte a la selección de los equipos.

En las tablas desde la 4.1 hasta la 4.7 se presentan las especificaciones de los equipos Principales y secundarios seleccionados.

Tabla 4.1 Especificaciones técnicas Camión Roquero 777G Caterpillar.

Peso	73,85t	Neumaticos estandar	27R49
Capacidad de la cuchara bivalva	60,1 m ³	Carga util	90,8 t
Longitud de transporte	10,53 m	Anchura de transporte	6,2 m
Altura de transporte	5,2 m	Velocidad	67,1 km/h
Altura de carga	4,38 m	Rendimiento de motor	704 kw
Modelo de motor	C32 Acert	Revoluciones	1200 rpm
Cilindrada	32,11	Cilindro diametroxcarrera	146x162 mm
Nº de cilindros	12	Radio de giro	7,8 m



Tabla 4.2 Especificaciones técnicas Pala hidráulica 6015 Caterpillar.

Capacidad de carga máxima	14,6 t	
Peso en orden de trabajo	140 t	
Voltaje del sistema	24 V	
Rendimiento del motor	824 Hp	
Modelo de motor	CAT C27	
Capacidad del cucharón colmado	8,1 m ³	
Velocidad de giro	4,9 rpm	

Tabla 4.3. Especificaciones técnicas Cargador frontal Komatsu WA900-3

Peso	107,35 t	
Ancho de cuchara	4,81 m	
Capacidad de cuchara	11,5 m ³	
Rendimiento del motor	672 kw	
Revoluciones	1300 rpm	
Capacidad max. de la pala	13 m ³	
Altura de transporte	5,275 m	
Altura de vertido máximo	5,222 m	
Radio de torneado exterior	11,2 m	

Tabla 4.4. Especificaciones técnicas Perforadora Terex- Redrill R70C (9 7/8”).

Ancho completo	6,7 m	
Altura con la torre elevada	29,3 m	
Altura hasta la cabina	6,1 m	
Caudal de compresor principal	3.000 cfm	
Potencia del motor (pico)	235 Hp	
Requerimientos de voltaje	Superior a los 7.200 V, 3 fases de 60Hz	
Profundidad (pase simple)	19,8 m	

Tabla 4.5. Especificaciones técnicas Perforadora Atlas Copco FR-912 (4")

Caudal del compresor	400 cfm	
Potencia del motor	313 Hp	
Torque	980 Nm	
Ancho	2,5 m	
Longitud	12,3 m	
Altura	3,1 m	
Peso	15.000 Kg	

Tabla 4.6. Especificaciones técnicas Tractor de orugas D10T Caterpillar

Potencia al volante.	405 Hp.	
Peso en orden de trabajo.	48.840 Kg.	
Modelo del motor.	3408ETA	
R.P.M. del motor.	1.900	
Número de cilindros.	8	
Altura hasta la cabina.	3,99 m.	
Longitud total (con hoja).	6,84 m.	
Ancho (con muñón).	3,30 m.	

Tabla 4.7. Especificaciones técnicas Motoniveladora 16 Caterpillar

Potencia neta al volante.	275 HP.	
Peso en orden de trabajo.	61.950 Kg.	
Modelo del motor.	3412E HEUI.	
Número de cilindros.	6.	
Velocidad máxima de avance.	44,5 Km.	
Velocidad máxima de retroceso.	42,3 Km.	
Altura.	3,52 m.	
Longitud total con desgarrador y plancha de empuje.	11,62 m.	
Ancho de la hoja estándar.	4,88 m.	
Capacidad del tanque de combustible.	492 L.	

Los cargadores frontales, tractores, motoniveladora, perforadoras, auxiliares como camión cisterna, grúas, súper lowboy, montacargas, tractor de neumáticos y retroexcavadora fueron seleccionados en función de las experiencias y mejores prácticas de la empresa en equipos que han sido utilizados en otras oportunidades por la empresa. Los camiones y palas hidráulicas son equipos nuevos que la empresa nunca los ha adquirido.

4.5.10 Calculo del número de equipos principales

Los cálculos de los equipos solo se realizaron para el proceso de carga y acarreo en banco, tales como camiones y palas hidráulicas, por ser estos equipos, de nueva gama, que serán adquiridos por primera vez en la empresa. Para ello, se utilizaron las ecuaciones provenientes de las bibliografías referidas en el capítulo III. Todos los cálculos se efectuaron con el programa Excel 2010. También se estimaron el resto de la cantidad de equipos principales, secundarios y auxiliares en función de la experiencia de las mejores prácticas vividas en la empresa con equipos utilizados anteriormente que dieron buen rendimiento y se adaptaron a las exigencias de producción. Estos equipos se calcularon en base a la producción de la mina para un periodo de 10 años de vida y una estimación de horas efectivas en la producción (Tabla 4.8). Las tablas de cálculos Excel se muestran en el anexo A.

4.5.11 Establecimientos de las condiciones y parámetros para voladuras

Las cantidades de explosivos y accesorios se calcularon para cada uno de los yacimientos pertenecientes del Grupo Redondo. Para esto se necesitó el apoyo del departamento de perforación y voladura, perteneciente a la superintendencia de producción, gerencia de minería de F.M.O.

Tabla 4.8 Esquema y cálculo de las horas efectivas para las minas de Grupo Redondo.

Calculo de Tiempo Efectivo en el Acarreo de Mena y NC	Hr/Turno
Jornada Laboral	8
Demoras Inevitables	2.36
(-) Demoras Operacionales	0.58
Traslado inicio del estac. A la Frente de Producción	0.08
Traslado a la Caseta antes de comida	0.08
Traslado después de comida	0.08
Traslado a la Caseta fin jornada	0.08
Arreglo de Frente	0.03
Lluvia y Neblina	0.14
Voladura	0.07
(-) Demoras Establecidas	1.78
Cambio de vestuarios y preparación de herramientas-Inicio de Turno	0.17
Charla del Supervisor	0.25
Revisión y encendido equipo de Acarreo	0.33
Tiempo de comida	0.50
Parada necesidad fisiológica	0.10
Instrucciones del Supervisor después de comida	0.18
Tiempo de Guarda Herramienta y Aseo Personal - Fin de Turno	0.25
Tiempo Efectivo	5.64

Para ello se siguieron los lineamientos y criterios que la empresa ha utilizado en los años de experiencias y ajustados en la actualidad, los cuales se indican a continuación:

- El factor de carga (Fc), el cual es de 0,130 kg/t.
- La relación de consumo de explosivos es de 50 % de carga de columna y 50% de carga de fondo.
- La densidad lineal de cada explosivo es de 0,40 m/saco.
- Se volará el 80 % del material regular y 100 % del material duro producido anualmente.

- Cada disparo será de 45 huecos. En la figura 4.19 se muestra un esquema del patrón de voladura usado por la empresa.
- El cordón detonante de 6 gr/m requerido será el 30% del consumo del cordón detonante a usar en las voladuras primarias, el consumo de ANFO para las voladuras secundarias será el 10 % del consumo de este en las voladuras primarias y la densidad a emplear será 3 t/m³.

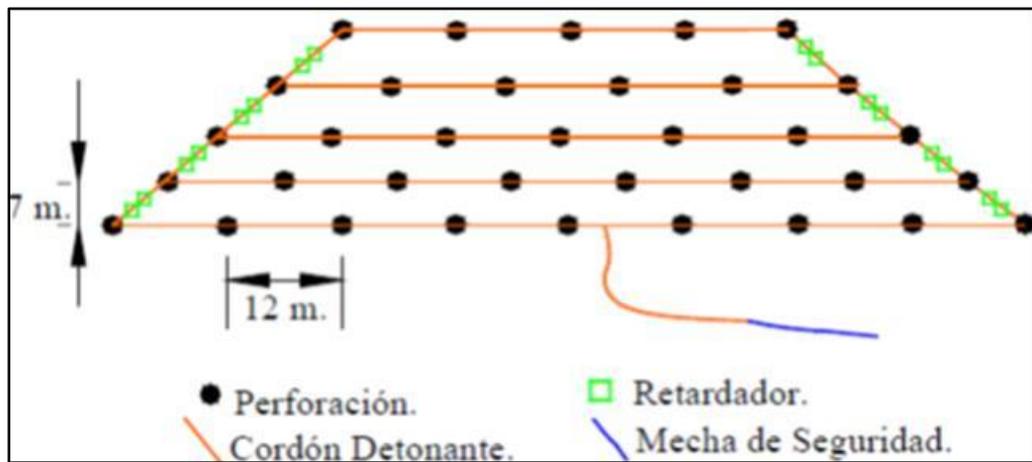


Figura 4.19 Patrón de perforación usado en la empresa
Fuente: Superintendencia de Producción

El patrón de perforación general para el grupo redondo que considera la empresa es el siguiente:

- Altura de banco: 10 m.
- Sobre perforación: 2,5 m.
- Espaciamiento: 12 m
- Retiro: 7 m.
- Diámetro de perforación: $12^{1/4}$

4.5.12 Calculo de cantidad de explosivos y accesorios

Para el cálculo de explosivos y accesorios se procedió de la siguiente manera:

$$\text{Volumen por hueco} = 12 \text{ m} * 7 \text{ m} * 10 \text{ m} = 840 \text{ m}^3$$

$$\text{Toneladas por hueco} = 840 \text{ m}^3 * 3 \text{ t/m}^3 = 2520 \text{ t}$$

$$\text{Kilogramos de explosivo por hueco} = 2520 \text{ t} * 0,130 \text{ kg/t} = 327,6 \text{ kg explosivos/hueco.}$$

$$\text{Sacos necesarios por hueco} = 327,6 \text{ kg} / 30 \text{ kg/saco} = 10,92 \text{ sacos.}$$

En base a la relación de consumo de explosivos para cada hueco se necesitarán 8,19 sacos de ANFO y 8,19 sacos de ANFOAL, sabiendo que la densidad lineal de los explosivos es de 0,40 m/saco.

$$\text{Altura de carga de fondo (Hf)} = \text{N}^\circ \text{ de sacos de ANFOAL} * 0.40 \text{ m/saco}$$

$$\text{Altura de carga de columna (Hc)} = \text{N}^\circ \text{ de sacos de ANFO} * 0.40 \text{ m/saco}$$

$$\text{Hc} = 5,46 \text{ sacos} * 0,40 \text{ m/saco} = 2,18 \text{ m.}$$

$$\text{Hf} = 5,46 \text{ sacos} * 0,40 \text{ m/saco} = 2.18 \text{ m.}$$

$$\text{Longitud total de carga (Ltc)} = \text{Hc} + \text{Hf}$$

$$\text{Ltc} = 2,18 \text{ m} + 2,18 \text{ m} = 4,37 \text{ m}$$

Dado que la longitud de cámara de aire (Lca) es 4,5 m y la longitud total del hueco (Lt) es de 12,5 m, entonces la longitud de la atacadura (Ha) es:

$$\text{Ha} = \text{Lt} - \text{Lca} - \text{Hc}$$

$$\text{Ha} = 12,5 \text{ m} - 4,5 \text{ m} - 4,37 \text{ m} = 3,63 \text{ m}$$

Los demás explosivos como emulsiones y Boosters se determinaron por conteo de unidades por cada hueco. Así mismo se procedió con el amarre con los retardadores e iniciadores

4.5.13 Revisión de la topografía de la zona para línea férrea

Actualmente, existe la vía férrea que da con el cerro Altamira. A partir de esta vía, se observó la posibilidad de conectar o empalmar las vías férreas que provendrá de los cerros del grupo redondo con la vía férrea actual. En la figura 4.20 se presenta un mapa con la topografía general de la zona, donde se puede observar una zona con características de relieve llano, en donde se previó el trazado de opciones manera preliminar de la línea ferroviaria para el grupo Redondo. Cabe resaltar que estos trazados se realizaron de manera preliminar en el mapa y posteriormente se visitó la zona para una evaluación visual de los trazados.

4.5.14 Comparación de los volúmenes anuales a extraer de cada cerro

Seguidamente, se procedió a evaluar los volúmenes de mineral que se extraerán de cada cerro, con el fin de establecer opciones de muelles de carga y trazado de las líneas férreas preliminares.

4.5.15 Trazado preliminar de la línea férrea para cada cerro

Una vez conocido y evaluado la cantidad de mineral de alto tenor a extraer de cada cerro, se procedió a trazar las posibles líneas férreas y ubicar los puntos de los muelles de carga en función a la cantidad de mineral a transportar a lo largo de 10 años. Se pudo verificar que el cerro con mayor volumen a transportar es el cerro

Redondo, por lo que se requeriría un muelle para este, mientras que entre el cerro La Estrella y el cerro Ricardo dan para transportar un poco más de la mitad que de cerro Redondo, y por tal motivo haría falta un solo muelle con una ubicación equidistante para atender la producción de ambos cerros. En la figura 4.21 se presenta el trazado preliminar donde se tienen tres opciones empalmadas a la línea férrea actual del cerro Altamira distinguidas en líneas de trazos de color verde, azul y negro.

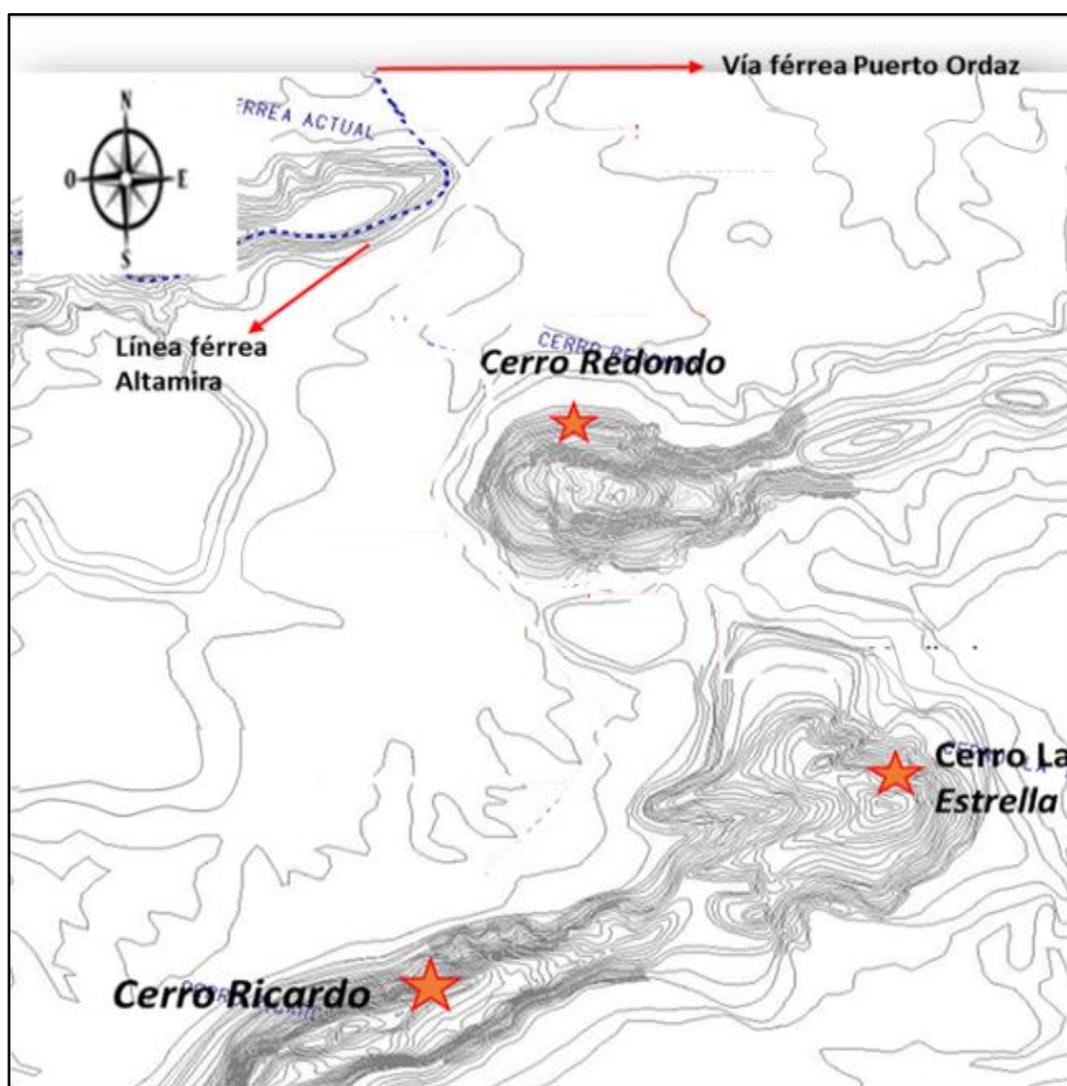


Figura 4.20 Mapa con la topografía general. Grupo Redondo
Fuente: Superintendencia de Producción

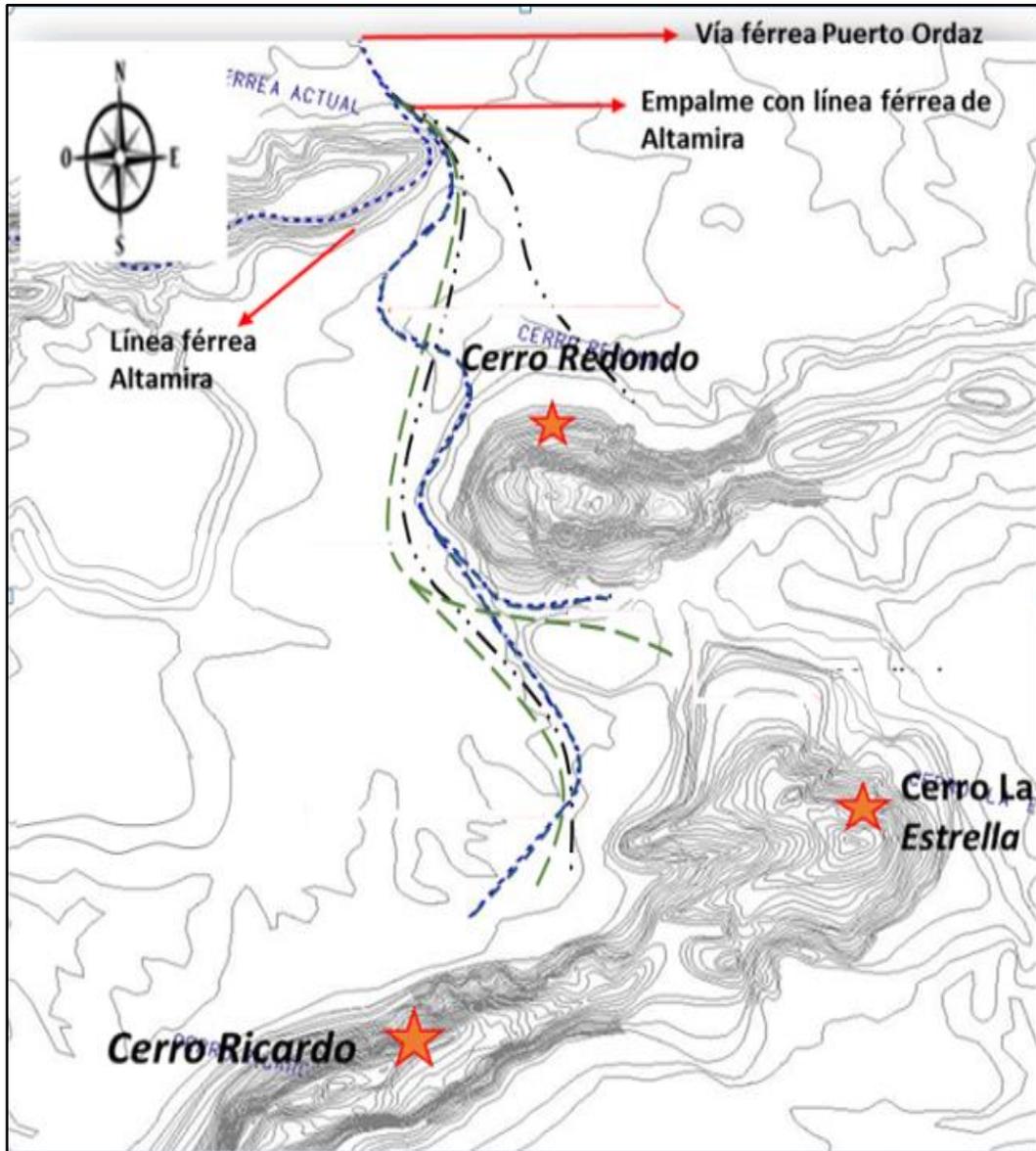


Figura 4.21 Trazados preliminares empalmados a la línea férrea actual del cerro Altamira. Grupo Redondo. Opción A, Línea verde. Opción B, Línea Azul. Opción C, Línea Negra.

4.5.16 Evaluación cualitativa preliminar de las líneas férreas propuestas

Una vez establecidas las opciones de líneas férreas se realizó una evaluación cualitativa con el fin de seleccionar tentativamente una de ellas, para así proponer la misma y se puedan realizar los estudios de ingeniería de detalles que todo proyecto amerita. Entre los criterios preliminares para el trazado de las opciones de vía férreas y con la experiencia de la empresa se tuvieron en cuenta:

- Los tipos de suelos, que influyen en el costo de la construcción y conservación de una vía.
- Evitar el cruce de terrenos medanosos, orgánicos, arcillosos, salinas, etc.
- Evitar los suelos malos, como así también los demasiado buenos, como rocas, dado lo costoso que resulta su movimiento.
- Las aguas superficiales y subterráneas, si están próximas, pueden ascender por capilaridad y afectar la estabilidad y resistencia del terraplén o la vía.
- Se recomienda evitar el cruce de zonas de inundación, esteros, lagunas o donde la capa de agua en la superficie esté muy alta, dados los costos de las soluciones técnicas adecuadas.
- Los cursos de agua conviene cruzarlos en puntos estables de su cauce.
- Procurar no alterar el escurrimiento natural de las aguas superficiales.

CAPITULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Reservas geológicas del Grupo Redondo

Las reservas geológicas de los yacimientos del Grupo Redondo fueron estimadas mediante la base de datos creada en MineSight®, particularmente de los modelos de bloques geológicos y de mina con los que cuenta cada yacimiento. De acuerdo a la Clasificación de recursos y reservas mineras según JORC CODE 2012. En las tablas 5,1 5.2 se presentan las reservas geológicas indicadas medidas respectivamente, las cuales agrupa el total de los tres cerros que conforman el grupo redondo. Como se puede observar los recursos indicados asciende a un total de 15 millones de toneladas de alto tenor promediando 62% de Fe_2O_3 , mientras que los de bajo tenor reportan 18 millones de toneladas con 43% de Fe_2O_3 , propicias estas últimas como recursos para la planta de concentración de cuarcita.

Por otro lado, los recursos medidos arrojan un total de 119 millones de toneladas de alto tenor con un promedio de 62% Fe_2O_3 , los de bajo tenor con 51.000 millones de toneladas y 45% de Fe_2O_3 . En general se cuentan con reservas geológicas medidas de 171 millones de toneladas con un promedio de 57% de Fe_2O_3 y 11% de SiO_2 .

Tabla 5.1: Recursos Geológicos Indicados del Grupo Redondo.

SUPERINTENDENCIA INGENIERIA DE MINA JEFATURA DE ÁREA GEOLOGÍA RECURSOS GEOLÓGICOS INDICADOS							
LITOLOGIA	GRUPO REDONDO - ALTO TENOR						
	Mt.	%FE	%SIO2	%AL2O3	%PPC	%P	%MN
COSTRAS	7.703	62,45	1,81	1,47	7,39	0,074	0,039
FINOS	2.433	66,32	0,86	0,61	3,67	0,065	0,055
FINOS SILICEOS	2.415	64,02	3,85	0,88	3,72	0,062	0,040
FINOS MUY SILICEOS	2.689	59,33	10,47	1,03	3,64	0,061	0,040
LIMONITA	161	60,14	1,79	0,88	11,23	0,088	0,099
TOTAL ALTO TENOR	15.401	62,74	3,49	1,16	5,61	0,069	0,042
GRUPO REDONDO - BAJO TENOR							
CUARCITA FRIABLE	6.346	47,94	26,27	1,11	4,05	0,060	0,031
CUARCITA DURA	12.284	40,69	37,88	0,67	3,23	0,054	0,037
TOTAL BAJO TENOR	18.630	43,16	33,93	0,82	3,51	0,056	0,035
TOTAL GENERAL	34.031	52,02	20,15	0,97	4,46	0,062	0,038

Tabla 5.2: Recursos Geológicos Medidos del Grupo Redondo.

SUPERINTENDENCIA INGENIERIA DE MINA JEFATURA DE ÁREA GEOLOGÍA RECURSOS GEOLÓGICOS MEDIDOS							
LITOLOGIA	GRUPO REDONDO - ALTO TENOR						
	Mt.	%FE	%SIO2	%AL2O3	%PPC	%P	%MN
COSTRAS	61.400	62,12	1,73	1,32	8,09	0,086	0,043
FINOS	20.646	64,83	0,92	0,58	5,73	0,070	0,076
FINOS SILICEOS	14.941	63,63	3,82	1,12	4,05	0,060	0,049
FINOS MUY SILICEOS	18.855	59,36	10,77	1,16	3,18	0,054	0,035
LIMONITA	3.888	60,07	1,79	0,93	11,28	0,095	0,090
TOTAL ALTO TENOR	119.730	62,27	3,28	1,13	6,51	0,075	0,050
GRUPO REDONDO - BAJO TENOR							
CUARCITA FRIABLE	32.273	48,49	26,02	1,17	3,43	0,056	0,040
CUARCITA DURA	19.708	40,94	37,90	0,76	2,76	0,054	0,036
TOTAL BAJO TENOR	51.981	45,63	30,53	1,02	3,18	0,055	0,038
TOTAL GENERAL	171.711	57,23	11,52	1,10	5,50	0,069	0,046

5.2 Diseño de explotación, reservas recuperables, botaderos y talleres

Las fosas de excavaciones finales fueron obtenidas después de la aplicación del método de explotación elegido (Open Pit). Estas fueron diseñadas con las características anteriormente descritas; Ancho de rampas 30m, ancho de bermas de seguridad final de 6.36 m, altura de bancos 10 m, pendientes de rampas 10%, ángulo de talud 70° y ángulo final de fosas 45°, para la extracción de las reservas recuperables presentes en los tres (03) yacimientos que conforman el Grupo Redondo.

En la figura 5.1 se muestra la vista de planta general de las fosas finales de los yacimientos del grupo Redondo para mineral de alto tenor.

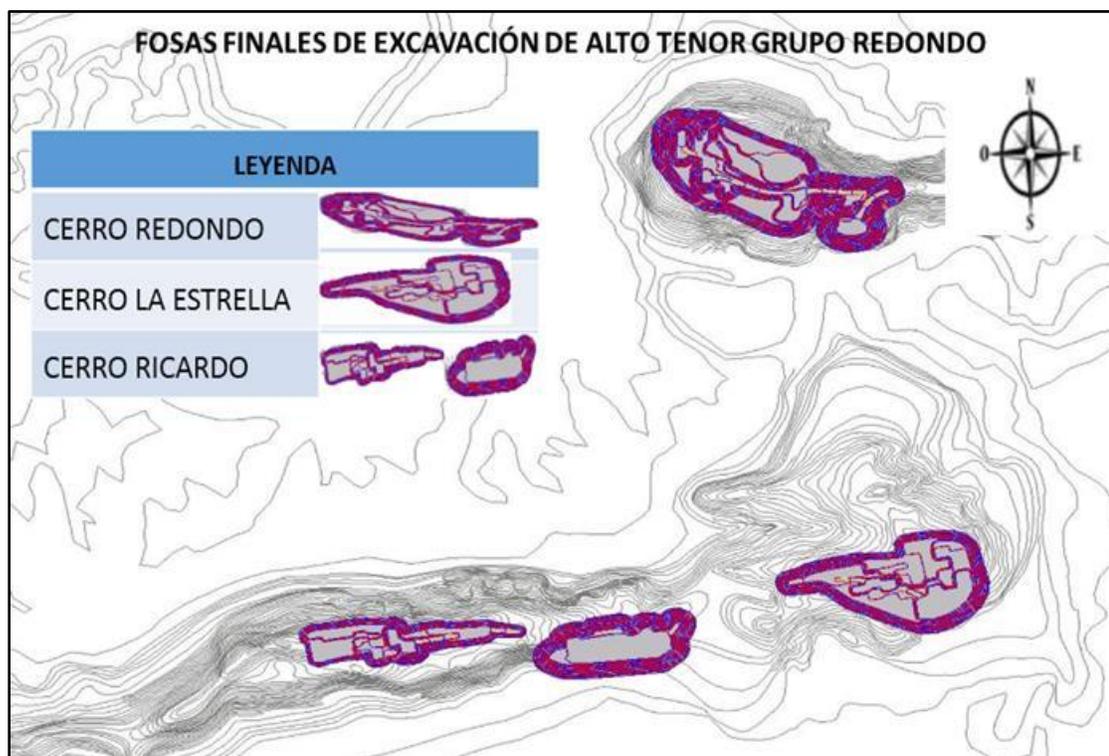


Figura 5.1: Fosas finales del Grupo Redondo para mineral de alto tenor.

En la figura 5.2 se presenta la fosa de excavación final (Open Pit) del Cerro Redondo. Cabe destacar que el Grupo lleva el nombre de este Cerro por ser el más grande de los tres. Cerro Redondo aportará un total de 58.616.973 toneladas de material de alto tenor y un total de 20.803.017 toneladas de material no conforme, para un total de 79.419.990 toneladas a excavar. Cabe resaltar que con el diseño realizado por Bolívar Enyerberth en el 2014 con altura de banco de 15 m y ancho de berma final de 10 m las reservas recuperables de alta tenor fueron de 43 millones de toneladas siendo esta cantidad menor que las calculada en la presente investigación, aunque el mineral no conforme fue algo superior al del 2014, la relación de explotación fue mayor, siendo la del año 2014 2:1 y la actual 3.1.

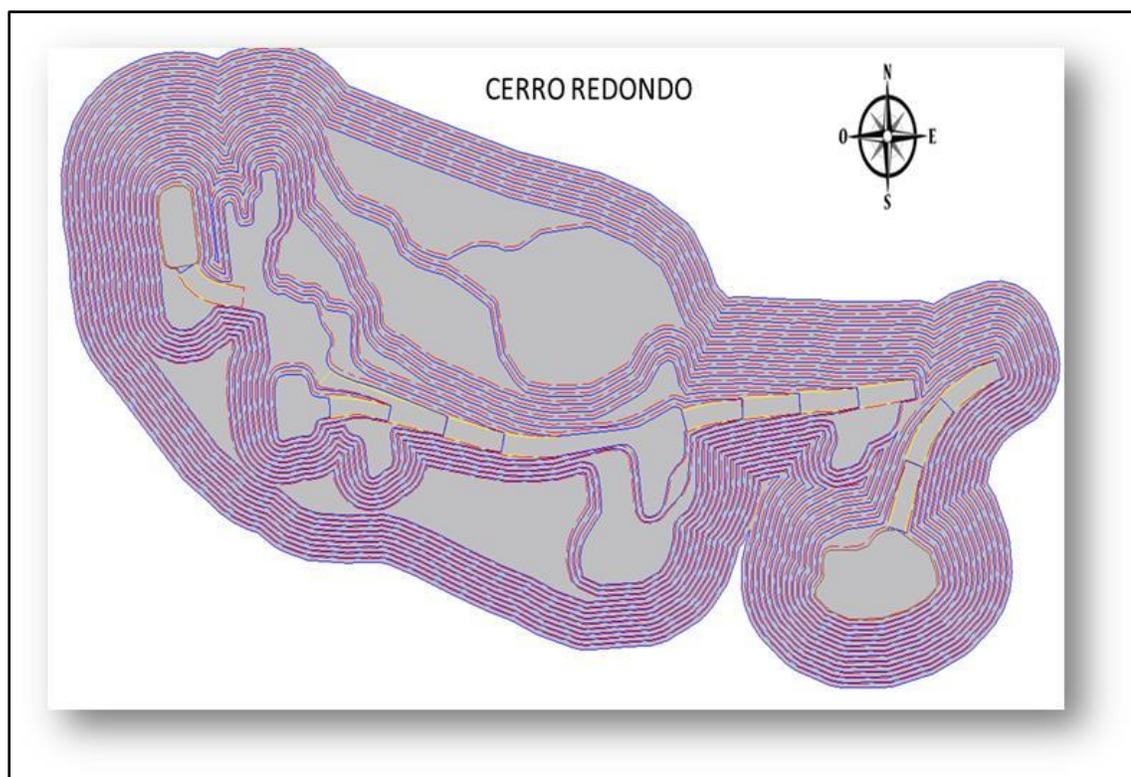


Figura 5.2: Fosa final de excavación Cerro Redondo

Seguidamente, en la figura 5.3 se muestra la fosa final de excavación (Open Pit) de Cerro La Estrella. Cerro La Estrella aporta un total de 22.329.021 toneladas de material de alto tenor y un total de 3.156.453 toneladas de material no conforme, para un total de 25.485.474 toneladas a excavar. Comparando con el estudio del 2014, que el tonelaje estimado de alto tenor fue de 40 millones, se ve que es mucho mayor que el actual, pero con la diferencia que la calidad actual es mayor apuntando a los 62% de Fe_2O_3 mientras que en el 2014 se estimó en 54% Fe_2O_3 . La relación de explotación actual fue de 7:1 versus la del 2014 fue 0,7:1 siendo mejor la actual.

Finalmente, en la figura 5.4 se detallan las fosas finales de excavaciones para Cerro Ricardo, con el método minero (Open Pit). Cabe destacar que se realizaron dos fosas de excavación para la extracción y aprovechamiento de las áreas donde se encuentra el mineral de hierro, disminuyendo así la extracción de estéril y aumentando las toneladas recuperables, así como también, el aumento del tenor de hierro, caso contrario del estudio del 2014 que se diseñó solo una fosa general. El cerro Ricardo aportara un total de 11.448.352 toneladas de material de alto tenor con 63% de Fe y un total de 5.499.067 toneladas de material no conforme, para un total de 16.947.419 de toneladas a excavar. El plan del 2014 arrojaba 8 millones de toneladas de alto tenor con 50% de hierro y 21 millones de material no conforme. La relación de explotación fue de 2:1 versus 0,4:1 siendo mejor la actual.

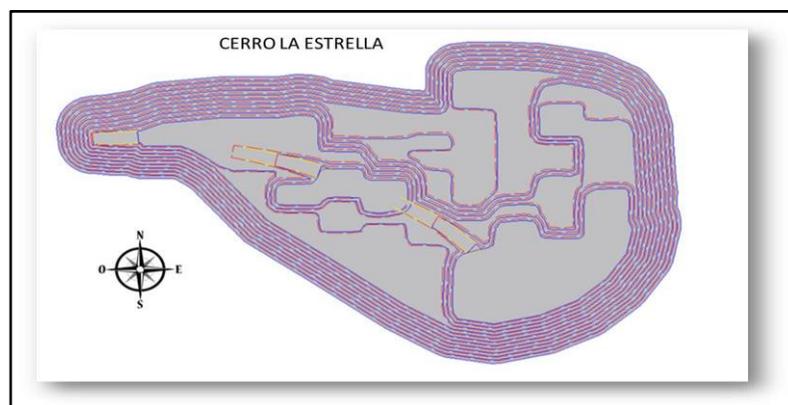


Figura 5.3: Fosa final de excavación Cerro La Estrella.

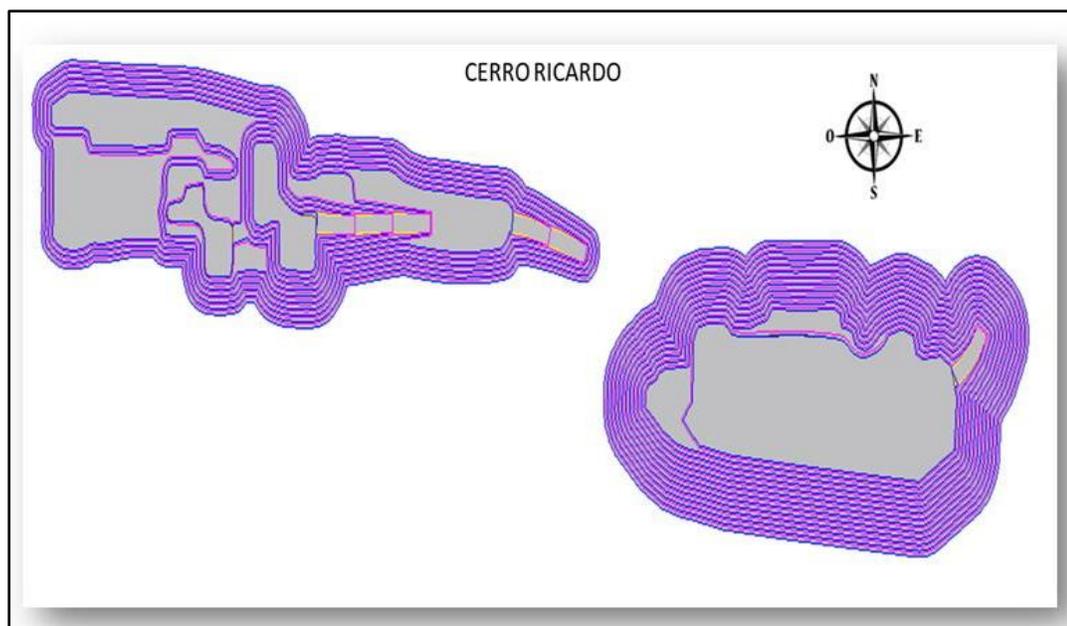


Figura 5.4 Fosa final de excavación Cerro Ricardo

En los anexos B, C y D se presenta la topografía final de los cerros Redondo, La Estrella y Ricardo respectivamente, con sus respectivas rampas finales.

En la tabla 5.3 se presenta el resumen de las reservas recuperables para en periodo de explotación de 10 años, en la cual se refleja una relación de explotación promedio de 3:1, mientras que la general del estudio del 2014 fue de 0,95:1.

Tabla 5.3: Toneladas totales extraídas del Grupo Redondo

MINA	ALTO TENOR			NO CONFORME	TOTAL EXCAVACIÓN GRUPO REDONDO	RELACION DE EXCAVACIÓN
	PTGR I	PTGR II	TOTAL MENA			
REDONDO	58.616.973		58.616.973	20.803.017	79.419.990	3:1
LA ESTRELLA		22.329.021	22.329.021	3.156.453	25.485.474	7:1
RICARDO		11.448.352	11.448.352	5.499.067	16.947.419	2:1
TOTAL	58.616.973	33.777.373	92.394.346	29.458.537	121.852.883	3:1

En las tablas 5.4, 5.5 y 5.6 se presentan la extracción detallada año por año en cara cerro del grupo Redondo. En la figura 5.5 se muestra la secuencia de extracción año por año en cada cerro.

Tabla 5.4: Extracción de mineral de alto tenor total y no conforme Cerro Redondo.

AÑO	ALTO TENOR	% FE	% SiO2	% Al2O3	% PPC	% P	% FINO	% COSTRA	TOTAL NO CONFORME	TOTAL EXCAVACIÓN	RELACIÓN DE EXCAVACIÓN
1	5,904,974	62	1.75	1.12	7.937	0.096	26	74	745,436	6,650,410	8 :1
2	5,894,198	62	1.74	1.20	8.975	0.102	21	79	1,576,439	7,470,637	4 :1
3	5,896,346	63	1.84	1.14	7.531	0.093	26	74	2,061,861	7,958,207	3 :1
4	5,909,541	62	1.70	1.13	8.861	0.096	24	76	1,742,357	7,651,898	3 :1
5	5,868,466	62	1.74	1.09	8.731	0.091	27	73	1,851,147	7,719,613	3 :1
6	5,950,356	62	1.67	1.09	8.855	0.091	32	68	2,198,777	8,149,133	3 :1
7	5,878,452	62	1.59	0.90	8.451	0.085	35	65	2,522,641	8,401,093	2 :1
8	5,863,344	63	1.59	0.78	7.730	0.077	40	60	2,643,599	8,506,943	2 :1
9	5,915,085	63	1.74	0.54	7.218	0.072	44	56	3,474,509	9,389,594	2 :1
10	5,536,211	63	1.63	0.50	7.684	0.073	39	61	1,986,251	7,522,462	3 :1
TOTAL:	58,616,973	62	1.70	0.95	8.201	0.088	31	69	20,803,017	79,419,990	3 :1

Tabla 5.5 Extracción de mineral de alto tenor total y no conforme Cerro La Estrella

AÑO	ALTO TENOR	% FE	% SiO2	% Al2O3	% PPC	% P	% FINO	% COSTRA	TOTAL NO CONFORME	TOTAL EXCAVACIÓN	RELACIÓN DE EXCAVACIÓN
1	2,288,381	65	1.65	1.20	4.826	0.055	30	70	311,262	2,599,643	7 :1
2	2,314,493	65	1.41	1.17	4.495	0.052	39	61	350,216	2,664,709	7 :1
3	2,212,814	65	1.40	1.15	4.448	0.052	37	63	350,216	2,563,030	6 :1
4	2,276,448	65	1.54	1.29	4.320	0.061	24	76	115,763	2,392,211	20 :1
5	2,293,453	66	1.56	1.16	3.574	0.053	41	59	246,607	2,540,060	9 :1
6	2,283,457	20	65.12	1.72	1.334	3.831	0	100	100,410	2,383,867	23 :1
7	2,251,205	20	65.29	1.91	1.044	3.705	0	100	297,807	2,549,012	8 :1
8	2,277,530	65	2.37	1.12	3.526	0.058	51	49	448,195	2,725,725	5 :1
9	2,193,114	65	2.01	1.14	3.793	0.060	49	51	587,671	2,780,785	4 :1
10	1,938,126	65	2.31	1.19	3.627	0.061	49	51	348,306	2,286,432	6 :1
TOTAL:	22,329,021	56	14.65	1.31	3.498	0.810	32	68	3,156,453	25,485,474	6 :1

Tabla 5.6 Extracción de mineral de alto tenor total y no conforme Cerro Ricardo

AÑO	ALTO TENOR	% FE	% SiO2	% Al2O3	% PPC	% P	% FINO	% COSTRA	TOTAL NO CONFORME	TOTAL EXCAVACIÓN	RELACIÓN DE EXCAVACIÓN
1	1,171,179	64	1.42	1.48	5.611	0.059	15	85	13,812	1,184,991	85 :1
2	1,191,103	63	2.11	1.53	6.195	0.062	17	83	2,159,443	3,350,546	1 :1
3	1,197,766	63	2.11	1.75	6.384	0.061	14	86	439,741	1,637,507	3 :1
4	1,288,863	63	2.29	1.77	6.186	0.060	13	87	360,246	1,649,109	4 :1
5	1,173,044	63	2.65	1.60	6.151	0.061	16	84	637,336	1,810,380	2 :1
6	1,172,729	63	2.59	1.30	6.134	0.061	7	93	418,868	1,591,597	3 :1
7	1,189,938	63	2.54	1.41	6.192	0.061	5	95	644,486	1,834,424	2 :1
8	1,177,878	63	2.40	1.67	6.396	0.054	8	92	212,293	1,390,171	6 :1
9	1,116,228	64	1.79	2.70	4.696	0.042	6	94	89,097	1,205,325	13 :1
10	769,624	63	3.06	2.39	5.136	0.045	10	90	523,745	1,293,369	1 :1
TOTAL:	11,448,352	63	2.27	1.73	5.946	0.057	11	89	5,499,067	16,947,419	2 :1

5.2.1 Botaderos y talleres

En términos mineros, los depósitos son lugares donde es ubicado el mineral poco rentable que necesariamente debe ser removido durante la explotación minera. Estos pueden tener dos usos principales, depositar mineral que al momento de su extracción no resulte rentable para la empresa, pero que puede ser utilizado en un futuro; o usado para almacenar el material estéril que no será reutilizado debido a que no tienen ningún valor comercial para la empresa en el momento de la extracción. Siendo este último uso lo que permite definirlo como escombrera o botadero.

Para el Grupo Redondo se diseñaron Botaderos capaces de albergar más de 11.493.706 toneladas de material laterítico y depósitos capaces de albergar más de 17.964.831 toneladas de materia prima no conforme (cuarcita y limonita). En la tabla 5.7 se presenta la distribución en toneladas de los materiales a extraer en cada cerro destinado a depósitos o botaderos. En la figura 5.6 Se muestra un esquema de los botaderos tipo torta o pilas.

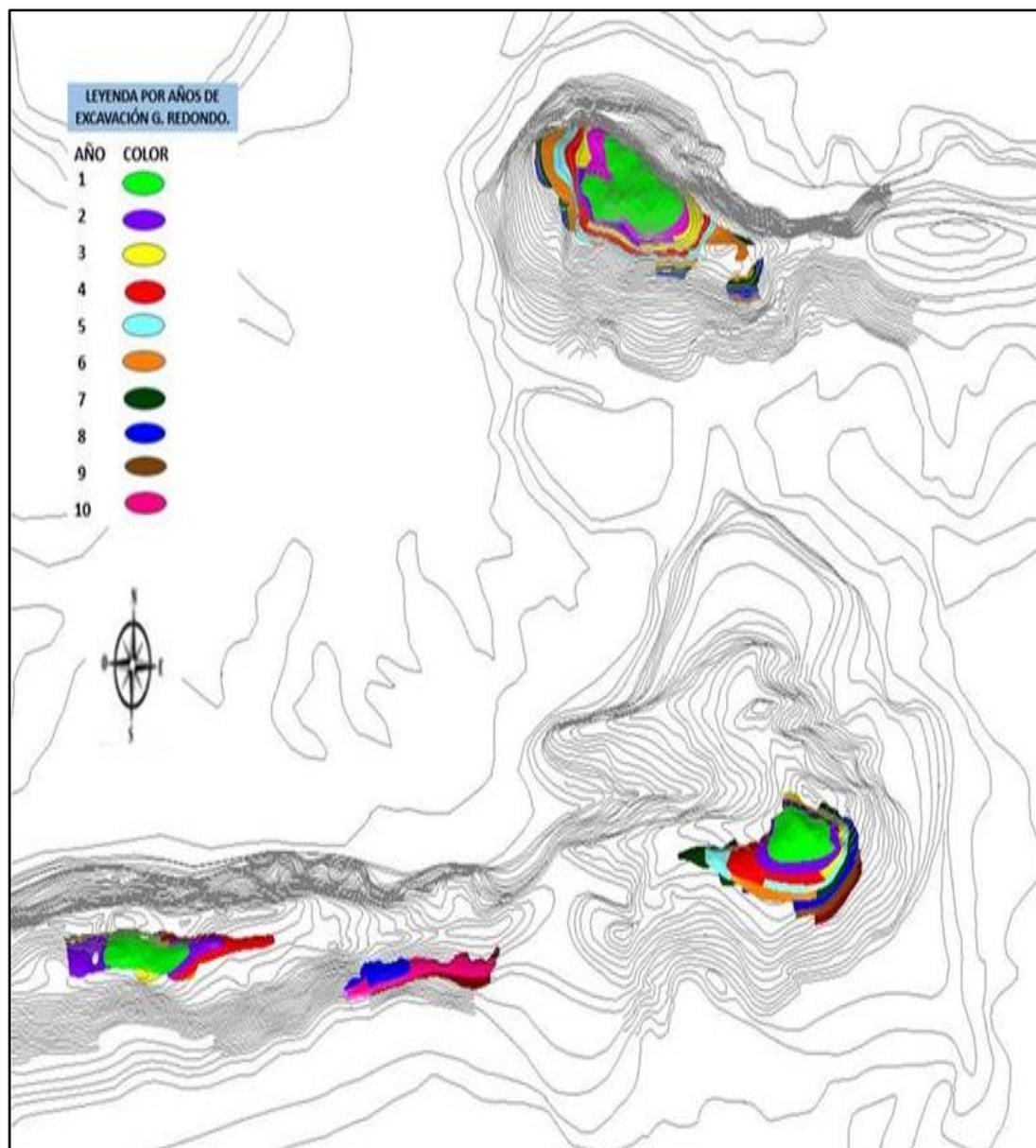


Figura 5.5 Secuencia de excavación por año para los yacimientos del grupo redondo

Tabla 5.7 Toneladas de material no conforme destinado a los depósitos y/o Botaderos.

TONELADAS DE MATERIAL NO CONFORME QUE VA DESTINADO A DEPOSITOS Y/O BOTADEROS	
DEPOSITOS	BOTADEROS
CERRO REDONDO 11,610,509	CERRO REDONDO 9,192,508
CERRO LA ESTRELLA 2,815,454	CERRO LA ESTRELLA 340,999
CERRO RICARDO 3,538,868	CERRO RICARDO 1,960,199
TOTAL: 17,964,831	TOTAL: 11,493,706

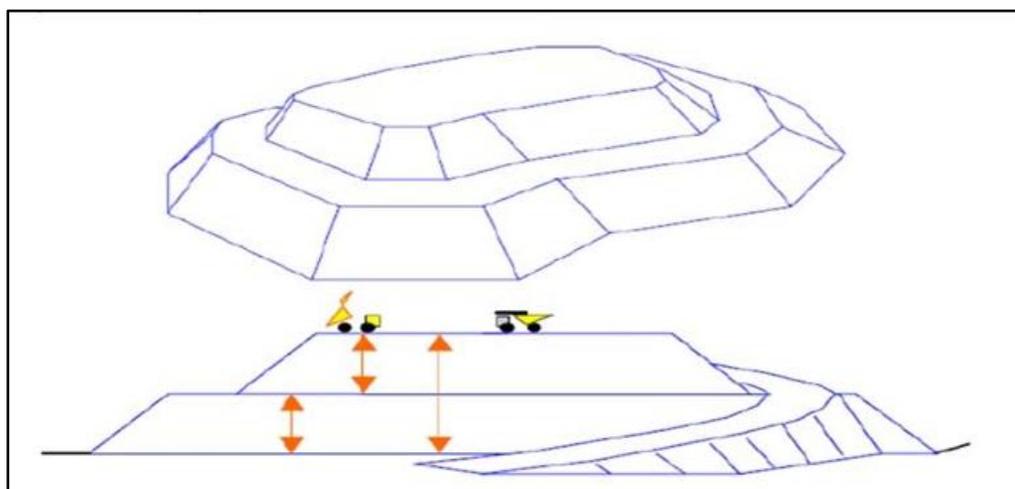


Figura 5.6: Depósitos o botaderos tortas o pilas.

Los depósitos y botaderos del grupo redondo se encontrarán ubicados cercanos a las faldas de los cerros de donde se extraerá el material. Cerro Redondo por ser el más grande de los tres y estar un poco más retirado de los demás, cuenta con dos depósitos el primero para limonita y el segundo para cuarcitas, también se diseñó un botadero para laterita, Cerro La Estrella y Cerro Ricardo están relativamente cercanos, y un poco más alejados de Cerro Redondo, es por ello que cuentan con dos depósitos, el primero de ellos para limonita y el segundo para cuarcita, no hay presencia de laterita. Estos botaderos y depósitos fueron creados tomando en cuenta los criterios de diseño de tortas o pilas con rampas de 25 metros de ancho, terrazas conformadas con tractor de manera decreciente ascendentemente con bermas de seguridad de 6 metros y altura de talud de 5 metros entre capas. En la figura 5.7 se muestran dónde estarán ubicados dichos depósitos y botaderos. Por otro lado, en la figura 5.8 se muestra la ubicación preliminar de los talleres y áreas de servicios.

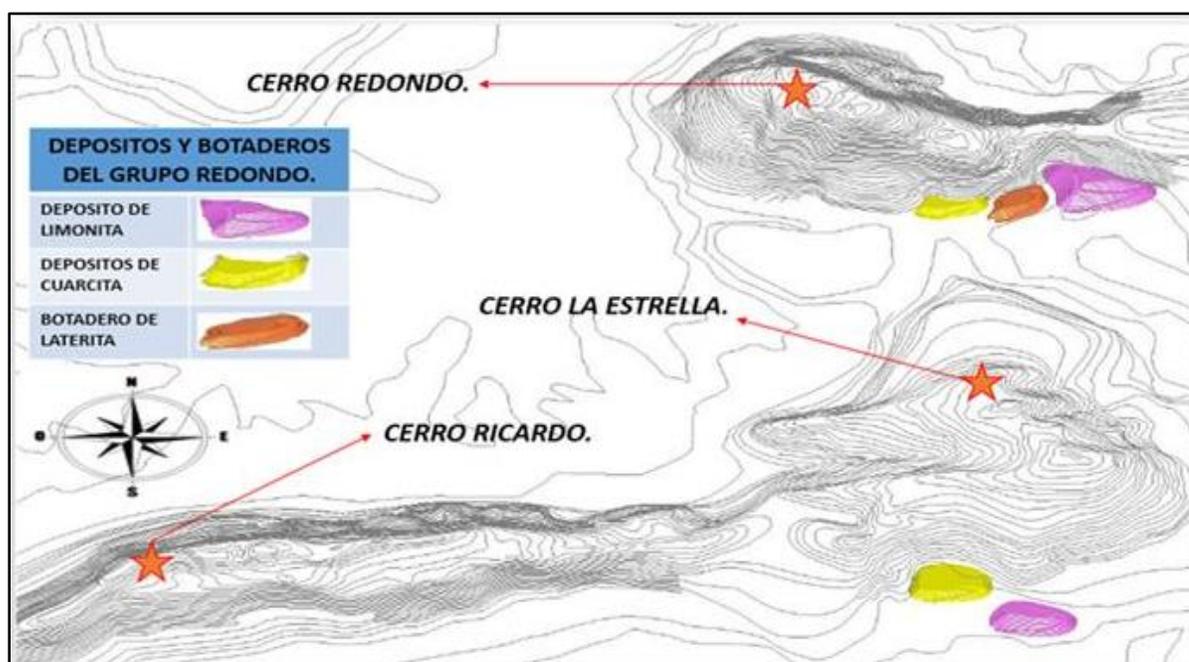


Figura 5.7 Depósitos y botaderos tipo tortas o pilas diseñadas para el grupo redondo.

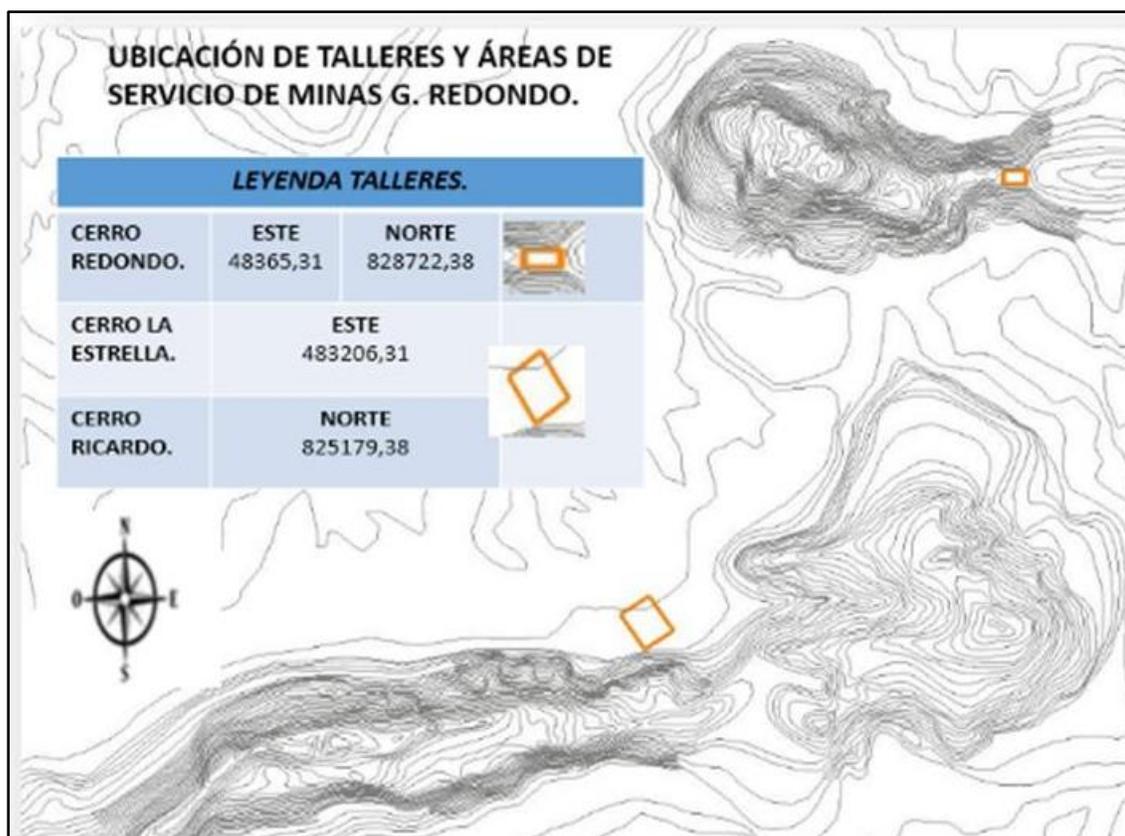


Figura 5.8 Ubicación y detalles de las áreas de servicio y mantenimiento de minas del Grupo Redondo.

5.3 Calculo de los equipos principales, auxiliares y material explosivo

Los equipos propuestos para desarrollar las actividades mineras del Grupo Redondo se calcularon tomando en cuenta los criterios operacionales, requerimientos y capacidades necesarias y experiencia por parte de la empresa, de acuerdo a la producción requerida. Los equipos principales tales como camiones y palas son de gama nueva para los cuales se calcularon la cantidad necesarias de cada uno de ellos aplicando las ecuaciones planteadas en el capítulo III utilizando la hoja de cálculo de Microsoft Excel. En la tabla 5.8 y 5.9 se presentan el cálculo de la disponibilidad física para cada equipo las horas efectivas de trabajo.

Tabla 5.8 Disponibilidad física de los equipos principales.

Jornada Laboral (Hr)	8
Turnos/Día	2
Días Anuales	30
Total Horas año	480
turno año	60
Días Feriados	1
Sabados y Domingos No Trabajados	4
Horas Feriadas	16
Horas Descanso Sabado y Domingos	64
Turnos/Feriados	2
turnos Descanso Sabado y Domingos	8
horas Disponibles	400
Turnos/ Anuales EFECTIVO	50
Numero de días/ año	25
(-) Tiempo de Mantenimiento Preventivo (hr/año)	41
(-) Tiempo por Reparaciones Mayores plan (hr/año)	16
(-) Tiempo por Reparaciones Menores (hr/año)	2
Total Horas Anuales	342
DISPONIBILIDAD FISICA (%)	85

Tabla 5.9 Horas efectivas de trabajo

Calculo de Tiempo Efectivo en el Acarreo de Mena y NC	Hr/Turno
Jornada Laboral	8
Demoras Inevitables	2.36
(-) Demoras Operacionales	0.58
Traslado inicio del estac. A la Frente de Producción	0.08
Traslado a la Caseta antes de comida	0.08
Traslado después de comida	0.08
Traslado a la Caseta fin jornada	0.08
Arreglo de Frente	0.03
Lluvia y Neblina	0.14
Voladura	0.07
(-) Demoras Establecidas	1.78
Cambio de vestuarios y preparación de herramientas-Inicio de Turno	0.17
Charla del Supervisor	0.25
Revisión y encendido equipo de Acarreo	0.33
Tiempo de comida	0.50
Parada necesidad fisiológica	0.10
Instrucciones del Supervisor después de comida	0.18
Tiempo de Guarda Herramienta y Aseo Personal - Fin de Turno	0.25
Tiempo Efectivo	5.64

En las tablas 5.10, 5.11 y 5.12, 5.13 se presenta el cálculo de la cantidad de camiones y de palas respectivamente. Como se puede observar la cantidad de equipos necesarios para la producción en Grupo Redondo es de catorce (14) camiones y cuatro (04) palas. La cantidad de los demás equipos secundarios y auxiliares fueron seleccionados considerando las mejores practica y la experiencia con que cuenta la empresa en la producción de mineral de hierro, seleccionando equipos que se han utilizados anteriormente en la producción, que se han adaptado a las exigencias del proceso productivo que ha llevado la empresa. En la tabla 5.14 se presenta la lista de los equipos y la distribución de los mismos en cada cerro del Grupo Redondo.

Tabla 5.10 Especificaciones técnicas de los camiones CAT 777G

CALCULO DE RENDIMIENTO	TEU
Distancia de Acarreo mts.	1,300.00
Demora en cola para Cargar (min)	0.5
Posicionamiento para Cargar (min)	0.72
Capacidad del Balde (t) / pase	15.70
Nº pases / cam 90 t	5.73
Tiempo de carga / pase (min) - Rendimiento teorico (t/h)	0.65
Tiempo de Carga (min)	3.73
Viaje Cargado (min)	3.12
Demora en Cola para descargar (min)	0.50
Posicionarse para descargar	0.31
Descarga	0.83
Viaje Vacío	2.60
Tiempo de Ciclo Camion 90 t (min)	12.30
Toneladas / Camion	90.00
Rendimiento teorico (t/h)	438.86
Disponibilidad Fisica (DF %)	85
Uso de la Disponibilidad Fisica (UD %)	90
Rend. (t/h)	337.21
Tiempo Efectivo	5.64
Rend. (t/turno)	1,903
Numero de Turnos / dias	2
Rend. (t/dia)	3,805
Numero de días	25
t/año	95,137
Turnos/ Año	50
t/año	95,137

Tabla 5.11 Cantidad de camiones CAT 777G. Grupo Redondo

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	Rend (ton/hr)	
CAMIONES ROQUEROS 100 TN. CAT	438.86	
DF%		85
UD%		90
Tiempo Efectivo /turno		5.64
Rend. (t/turno)		1,902.73
Numero de Turnos / días		2
Rend. (t/día)		3,805.47
turno / mes		50
CAPACIDAD DE EQUIPO	REQUERIMIENTO EQUIPO	
t/mes	Nº Eq Acarreo	TOTAL REQ Acarreo
95,136.74	13,3	14

Tabla 5.12 Especificaciones técnicas de las palas Hidráulicas CAT 6015

yd3	7.9
factor m3	0.76
m3	6.04
Dens (t/m3)	2.60
Capacidad del Balde (t) / pase	15.70
Factor de llenado	0.85
Capacidad del Balde (t) / pase	13.35
Tiempo de carga / pase (min)	0.65
Rendimiento teorico (t/h)	1,232.16
Disponibilidad Fisica (DF %)	85
Uso de la Disponibilidad Fisica (UD %)	90

Tabla 5.13 Cantidad de palas hidráulicas CAT 6015. Grupo Redondo

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	Rend (ton/hr)	
EXCAVADORA HIDRAULICA 7,9 YD3 CAT	1,232.16	
DF%		85
UD%		90
Tiempo Efectivo /turno		5.64
Rend. (t/turno)		5,342.17
Numero de Turnos / dias		2
Rend. (t/dia)		10,684.35
turno / mes		50
CAPACIDAD DE EQUIPO	REQUERIMIENTO EQUIPO	
t/mes	Nº Eq Excavación	TOTAL REQ Excavación
267,108.63	3.74	4

Tabla 5.14 Lista de equipos necesarios para la producción en Grupo Redondo

EQUIPOS REQUERIDOS		CANTIDAD DE EQUIPOS POR MINA			TOTAL
		REDONDO	RICARDO	ESTRELLA	
PERFORADORA PRIMARIA 9 7/8" TEREX REEDRILL			1		1
PERFORADORA SECUNDARIA 4" ATLAS COPCO			1		1
EXCAVADORA HIDRAULICA 7,9 YD3 CAT		2	1	1	4
CAMIONES ROQUEROS 100 TN. CAT		9	2	3	14
CARGADOR FRONTAL 12.5 YD3 KOMATSU		2	1	1	4
TRACTORES DE ORUGAS D10T 24 YD3		1	1	1	3
MOTONIVELADORAS 16 FT.		1		1	2
CAMIÓN CISTERNA 13000 GAL		1	1	1	3
TRACTORES DE CAUCHOS 7 YD3 CAT		1		1	2
GRUA 170 LIEBHERR		1		1	2
SUPER LOWBOY 150 TON			1		1
RETROEXCAVADORA 2 YD3		1		2	3
MONTACARGAS 20 TON TAYLOR		2	1	1	4
TOTAL EQUIPOS REQUERIDOS					47

Para la operación minera a realizar en cada uno de los yacimientos pertenecientes al Grupo Redondo, se calculó por separado la cantidad de explosivo y accesorios a emplear para cada uno de ellos, teniendo en cuenta una profundidad de perforación de 12,5 metros, una longitud de carga de explosivo de 8,87 metros y un diámetro de perforación de $9^{7/8}$ y 4 pulgadas, y función de un consumo de 0,40 m/saco y 1,3 m/saco de ANFO respectivamente, un peso de 30 kg/saco de ANFO, nos arrojó una carga lineal de 75 y 23 kg/m de explosivo (ANFO) respectivamente, y tomando en consideración la distribución del explosivo en el barreno tales como, retardadores, iniciadores de fondo (Emulsión) y reforzadores (Boosters), en las tablas 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19 y 5.20 se presenta la cantidad de explosivos y accesorios de voladuras necesarios en cada año para los cerros Redondo, La Estrella y Ricardo. En las tablas 5.21, 5.22 y 5.23 también se muestran la cantidad de metros a perforar por año en cada cerro, a razón de 12,5 metros de longitud de perforación y toneladas voladas por barreno.

Tabla 5.15 Resumen de la cantidad de explosivo necesaria para las voladuras en Cerro Redondo

AÑO	TOTAL	TONELADAS A VOLAR		CONSUMO DE EXPLOSIVOS			FACTOR DE CARGA		
		GRAN DIAMETRO	PEQUEÑO DIAMETRO	ANFO a Granel Voladuras Primarias (Kg)	ANFO Voladuras Desarrollo (Kg)	Emulsión Ultrex (65 x 400 mm) (Kg)	TOTAL (KG)	Voladuras Desarrollo (KG/TN)	Voladuras Primarias (KG/TN)
1	6.982.931	6.650.410	332.521	1.792.457	51.725	3.075	1.847.257	0,165	0,270
2	7.844.169	7.470.637	373.532	2.022.176	58.105	3.450	2.083.731	0,165	0,271
3	8.356.117	7.958.207	397.910	2.131.378	61.897	3.675	2.196.950	0,165	0,268
4	8.034.493	7.651.898	382.595	2.044.036	59.515	3.550	2.107.100	0,165	0,267
5	8.105.594	7.719.613	385.981	2.049.963	60.041	3.575	2.113.579	0,165	0,266
6	8.556.590	8.149.133	407.457	2.139.051	63.382	3.761	2.206.194	0,165	0,262
7	8.821.148	8.401.093	420.055	2.190.249	65.342	3.900	2.259.491	0,165	0,261
8	8.932.290	8.506.943	425.347	2.202.326	66.165	3.950	2.272.441	0,165	0,259
9	9.859.074	9.389.594	469.480	2.426.209	73.030	4.350	2.503.589	0,165	0,258
10	7.898.585	7.522.462	376.123	1.966.069	58.508	3.475	2.028.053	0,165	0,261
TOTAL	83.390.990	79.419.990	3.971.000	20.963.913	617.711	36.761	21.618.385	5,453	0,008

Tabla 5.16 Resumen de la cantidad de accesorios necesarios en las voladuras de Cerro Redondo

AÑO	DET CORRIENTE #8 (Fulminante)	Booster 450 gramos (1lb)	Booster 150 gramos	MECHA DE SEGURIDAD	SISTEMA DE INICIACION NO ELECTRICO							TOTAL VOLADURAS AÑO
					Detonador EXEL MS Período 14 x 70 pies	Conector EXEL TD 42 MS x 100 pies	Conector EXEL TD 100 MS x 100 pies	Conector EXEL TD 17 MS x 100 pies	Detonador EXEL HANDIDET (17/350 MS) de 60 pies	CONECTOR EXEL TD 2,500 PIES LEAD IN LINE (PIEZAS)	CORDON DETONANTE 10 y 3.8 gr/m (m)	
1	156	4.257	3.695	234	4.257	608	261	4.257	3.695	1	7.784	78
2	175	4.797	4.150	263	4.797	685	294	4.797	4.150	1	8.763	88
3	186	5.070	4.421	279	5.070	724	310	5.070	4.421	1	9.285	93
4	178	4.865	4.251	267	4.865	695	298	4.865	4.251	1	8.915	89
5	179	4.887	4.289	269	4.887	698	299	4.887	4.289	1	8.968	90
6	188	5.115	4.527	282	5.115	731	313	5.115	4.527	1	9.412	94
7	193	5.247	4.667	290	5.247	750	321	5.247	4.667	1	9.670	97
8	195	5.286	4.726	293	5.286	755	324	5.286	4.726	1	9.758	98
9	215	5.825	5.216	323	5.825	832	357	5.825	5.216	1	10.759	108
10	173	4.707	4.179	260	4.707	672	288	4.707	4.179	1	8.670	87
TOTAL	1.840	50.056	44.122	2.760	50.056	7.150	3.065	50.056	44.122	10	91.985	920

Tabla 5.17 Resumen de la cantidad de explosivo necesaria para las voladuras en Cerro La Estrella

AÑO	TOTAL	TONELADAS A VOLAR		CONSUMO DE EXPLOSIVOS				FACTOR DE CARGA	
		GRAN DIAMETRO	PEQUEÑO DIAMETRO	ANFO a Granel Voladuras Primarias (Kg)	ANFO Voladuras Desarrollo (Kg)	Emulsión Ultrex (65 x 400 mm) (Kg)	TOTAL (KG)	Voladuras Desarrollo (KG/TN)	Voladuras Primarias (KG/TN)
1	2.729.625	2.599.643	129.982	699.827	20.219	1.200	721.246	0,165	0,269
2	2.797.944	2.664.709	133.235	707.497	20.726	1.225	729.447	0,165	0,266
3	2.691.182	2.563.030	128.152	682.775	19.935	1.175	703.885	0,165	0,266
4	2.511.822	2.392.211	119.611	647.415	18.606	1.100	667.121	0,165	0,271
5	2.667.063	2.540.060	127.003	671.171	19.756	1.175	692.102	0,165	0,264
6	2.503.060	2.383.867	119.193	671.245	18.541	1.136	690.922	0,165	0,282
7	2.676.463	2.549.012	127.451	717.025	19.826	1.175	738.025	0,165	0,281
8	2.862.011	2.725.725	136.286	709.300	21.200	1.250	731.750	0,165	0,260
9	2.919.824	2.780.785	139.039	727.584	21.628	1.275	750.487	0,165	0,262
10	2.400.754	2.286.432	114.322	594.540	17.783	1.088	613.411	0,165	0,260
TOTAL	26.759.748	25.485.474	1.274.274	6.828.379	198.220	11.799	7.038.398	0,165	0,268

Tabla 5.18 Resumen de la cantidad de accesorios necesarios en las voladuras de Cerro La Estrella.

AÑO	DET CORRIENTE #8 (Fulminante)	Booster 450 gramos (1lb)	Booster 150 gramos	MECHA DE SEGURIDAD	SISTEMA DE INICIACION NO ELECTRICO							TOTAL VOLADURAS AÑO
					Detonador EXEL MS Periodo 14 x 70 pies	Conector EXEL TD 42 MS x 100 pies	Conector EXEL TD 100 MS x 100 pies	Conector EXEL TD 17 MS x 100 pies	Detonador EXEL HANDIDET (17/350 MS) de 60 pies	CONECTOR EXEL TD 2,500 PIES LEAD IN LINE (PIEZAS)	CORDON DETONANTE 10 y 3.8 gr/m (m)	
1	61	1.662	1.444	91	1.662	237	102	1.662	1.444	1	3.040	30
2	62	1.687	1.480	93	1.687	241	103	1.687	1.480	1	3.096	31
3	60	1.626	1.424	89	1.626	232	100	1.626	1.424	1	2.982	30
4	56	1.536	1.329	84	1.536	219	94	1.536	1.329	1	2.806	28
5	59	1.602	1.411	88	1.602	229	98	1.602	1.411	1	2.943	29
6	57	1.577	1.324	86	1.577	225	97	1.577	1.324	1	2.854	29
7	61	1.685	1.416	92	1.685	241	103	1.685	1.416	1	3.050	31
8	63	1.700	1.514	94	1.700	243	104	1.700	1.514	1	3.135	31
9	64	1.741	1.545	96	1.741	249	107	1.741	1.545	1	3.206	32
10	53	1.425	1.270	79	1.425	204	87	1.425	1.270	1	2.628	26
TOTAL	595	16.241	14.159	892	16.241	2.320	995	16.241	14.159	10	29.740	297

Tabla 5.19 Resumen de la cantidad de explosivo necesaria para las voladuras en Cerro Ricardo

AÑO	TOTAL	TONELADAS A VOLAR		CONSUMO DE EXPLOSIVOS			FACTOR DE CARGA		
		GRAN DIAMETRO	PEQUEÑO DIAMETRO	ANFO a Granel Voladuras Primarias (Kg)	ANFO Voladuras Desarrollo (Kg)	Emulsión Ultrex (65 x 400 mm) (Kg)	TOTAL (KG)	Voladuras Desarrollo (KG/TN)	Voladuras Primarias (KG/TN)
1	1.244.241	1.184.991	59.250	324.703	9.217	550	334.470	0,165	0,274
2	3.518.073	3.350.546	167.527	905.085	26.060	1.550	932.695	0,165	0,270
3	1.533.189	1.460.180	73.009	397.097	11.357	675	409.129	0,165	0,272
4	1.731.564	1.649.109	82.455	448.425	12.826	775	462.026	0,165	0,272
5	1.900.899	1.810.380	90.519	488.551	14.081	850	503.482	0,165	0,270
6	1.671.177	1.591.597	79.580	431.336	12.379	714	444.429	0,165	0,271
7	1.926.145	1.834.424	91.721	502.731	14.268	850	517.849	0,165	0,274
8	1.459.680	1.390.171	69.509	380.751	10.812	650	392.213	0,165	0,274
9	1.265.591	1.205.325	60.266	332.041	9.375	550	341.966	0,165	0,275
10	1.358.037	1.293.369	64.668	346.811	10.060	600	357.470	0,165	0,268
TOTAL	17.608.597	16.770.092	838.505	4.557.531	130.434	7.764	4.695.729	0,165	0,272

Tabla 5.20 Resumen de la cantidad de accesorios necesarios en las voladuras de Cerro Ricardo.

AÑO	DET CORRIENTE #8 (Fulminante)	Booster 450 gramos (1lb)	Booster 150 gramos	MECHA DE SEGURIDAD	SISTEMA DE INICIACION NO ELECTRICO							TOTAL VOLADURAS AÑO
					Detonador EXEL MS Período 14 x 70 pies	Conector EXEL TD 42 MS x 100 pies	Conector EXEL TD 100 MS x 100 pies	Conector EXEL TD 17 MS x 100 pies	Detonador EXEL HANDIDET (17/350 MS) de 60 pies	CONECTOR EXEL TD 2,500 PIES LEAD IN LINE (PIEZAS)	CORDON DETONANTE 10 y 3.8 gr/m (m)	
1	28	768	658	42	768	110	47	768	658	1	1.399	14
2	79	2.148	1.861	118	2.148	307	132	2.148	1.861	1	3.926	39
3	34	941	811	52	941	134	58	941	811	1	1.717	17
4	39	1.063	916	58	1.063	152	65	1.063	916	1	1.940	19
5	42	1.159	1.006	64	1.159	166	70	1.159	1.006	1	2.119	21
6	37	1.023	884	56	1.023	146	63	1.023	884	1	1.868	19
7	43	1.189	1.019	65	1.189	170	73	1.189	1.019	1	2.166	22
8	33	901	772	49	901	129	55	901	772	1	1.641	16
9	29	784	670	43	784	112	48	784	670	1	1.426	14
10	30	824	719	45	824	118	50	824	719	1	1.509	15
TOTAL	394	10.800	9.317	591	10.800	1.544	661	10.800	9.317	10	19.711	197

Tabla 5.21 Metros a perforar por año. Cerro Redondo.

PERFORACIONES DE GRAN DIAMETRO (PRIMARIAS)				PERFORACIONES DE PEQUEÑO DIAMETRO (SECUNDARIAS)			
AÑOS	TONELADAS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR MES	AÑOS	TONELADAS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR MES
1	6.650.410	61.484	5.124	1	332.521	11.084	924
2	7.470.637	69.607	5.801	2	332.521	12.451	1.038
3	7.958.207	73.561	6.130	3	397.910	13.264	1.105
4	7.651.898	70.597	5.883	4	382.595	12.753	1.063
5	7.719.613	70.910	5.909	5	385.981	12.866	1.072
6	8.149.133	74.211	6.184	6	407.457	13.582	1.132
7	8.401.093	73.959	6.163	7	420.055	14.002	1.167
8	8.506.943	77.347	6.446	8	425.347	14.178	1.182
9	9.389.594	85.177	7.098	9	469.480	15.649	1.304
10	7.522.462	68.960	5.747	10	376.123	12.537	1.045
TOTAL	79.419.990	725.813	60.484	TOTAL	3.929.990	132.366	11.031

Tabla 5.22 Metros a perforar por año. Cerro La Estrella

PERFORACIONES DE GRAN DIAMETRO (PRIMARIAS)				PERFORACIONES DE PEQUEÑO DIAMETRO (SECUNDARIAS)			
AÑOS	TONELADAS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR MES	AÑOS	TONELADAS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR MES
1	2.599.643	24.103	2.009	1	129.982	4.333	361
2	2.664.709	24.457	2.038	2	133.235	4.441	370
3	2.563.030	23.582	1.965	3	128.152	4.272	356
4	2.392.211	22.271	1.856	4	119.611	3.987	332
5	2.540.060	23.230	1.936	5	127.003	4.233	353
6	2.383.867	22.862	1.905	6	119.193	3.973	331
7	2.549.012	24.406	2.034	7	127.451	4.248	354
8	2.725.725	24.654	2.055	8	136.286	4.543	379
9	2.780.785	25.253	2.104	9	139.039	4.635	386
10	2.286.432	20.672	1.723	10	114.322	3.811	318
TOTAL	25.485.474	235.490	19.624	TOTAL	1.274.274	42.476	3.540

Tabla 5.23 Metros a perforar por año. Cerro Ricardo

PERFORACIONES DE GRAN DIAMETRO (PRIMARIAS)				PERFORACIONES DE PEQUEÑO DIAMETRO (SECUNDARIAS)			
AÑOS	TONELADAS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR MES	AÑOS	TONELADAS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR AÑO	METROS A PERFORAR POR MES
1	1.184.991	11.118	927	1	59.250	1.975	165
2	3.350.546	31.146	2.596	2	167.527	5.584	465
3	1.460.180	13.648	1.137	3	73.009	2.434	203
4	1.649.109	15.411	1.284	4	82.455	2.749	229
5	1.810.380	16.822	1.402	5	90.519	3.017	251
6	1.591.597	14.837	1.236	6	79.580	2.653	221
7	1.834.424	16.939	1.412	7	91.721	3.057	255
8	1.390.171	13.158	1.097	8	69.509	2.317	193
9	1.205.325	11.471	956	9	60.266	2.009	167
10	1.293.369	12.058	1.005	10	64.668	2.156	180
TOTAL	16.770.092	156.608	13.051	TOTAL	838.504	27.951	2.329

5.4 Planteamiento cualitativo del trazado preliminar de la línea férrea para el transporte del mineral extraído de los yacimientos del Grupo Redondo

Para la extracción transporte del mineral de hierro desde el grupo redondo hasta los patios de despacho, se prevé hacerlo a través de ferrocarril, así como se ha venido haciendo desde el inicio de las operaciones de la empresa. A razón de esto se propuso en términos cualitativos tres rutas A, B y C, las cuales tendrán en común el empalme con la vía férrea actual del Cerro Altamira. En la figura anterior 4.21 se presentaron las tres opciones, las cuales se plasmaron en función de los criterios básicos para construcciones de vías férreas descritos en el apartado 4.5.1 del capítulo IV. La opción más viable de acuerdo con los criterios, mejores prácticas y experiencias de la empresa es la opción A, ya que la misma presenta una longitud relativa menor a las opciones B y C y de acuerdo con la observación del terreno en la visita a campo esta se visualiza como la de menor movimiento de tierra (corte y relleno) y se establecería en una zona visiblemente de suelo duro estable. Sin embargo, esto requiere un análisis cuantitativo de análisis de suelo y perfiles topográficos para determinar el volumen de tierra a mover para corte y relleno. En la figura 5.9 se muestra el trazado de la línea férrea preliminar propuesta.

Se propone la construcción de 8.9 km de línea férrea que comprende línea principal y muelles de cargas en sentido (Noroeste – Sureste) de Cerro Redondo, empalmándose desde el km 6 de la vía férrea que va desde Cerro Altamira hacia la línea principal de Puerto Ordaz. Esta línea férrea está comprendida por dos tramos, un tramo para Cerro Redondo y el segundo tramo para Cerro La Estrella y Cerro Ricardo, Es importante la construcción de esta línea férrea, ya que la extracción del mineral se hará por este medio hasta los muelles ubicados en Palúa Puerto Ordaz puerto de despacho en el Rio Caroní. En la tabla 5.24 se presenta las coordenadas tentativas y descripción del tramo que va hacia cerro Redondo. El tramo de la línea

férrea que va hacia Cerro La Estrella y Cerro Ricardo viene empalmado de la línea que va hacia Cerro Redondo, en el desvío que está en la coordenada (E- 481515 N- 827706). Cabe destacar que desde ese desvío hasta llegar al muelle de carga de Cerro La Estrella y Cerro Ricardo hay un total de 3.4 km en sentido (Suroeste – Noreste). En la tabla 5.25 se presenta las coordenadas tentativas y la descripción de este tramo.

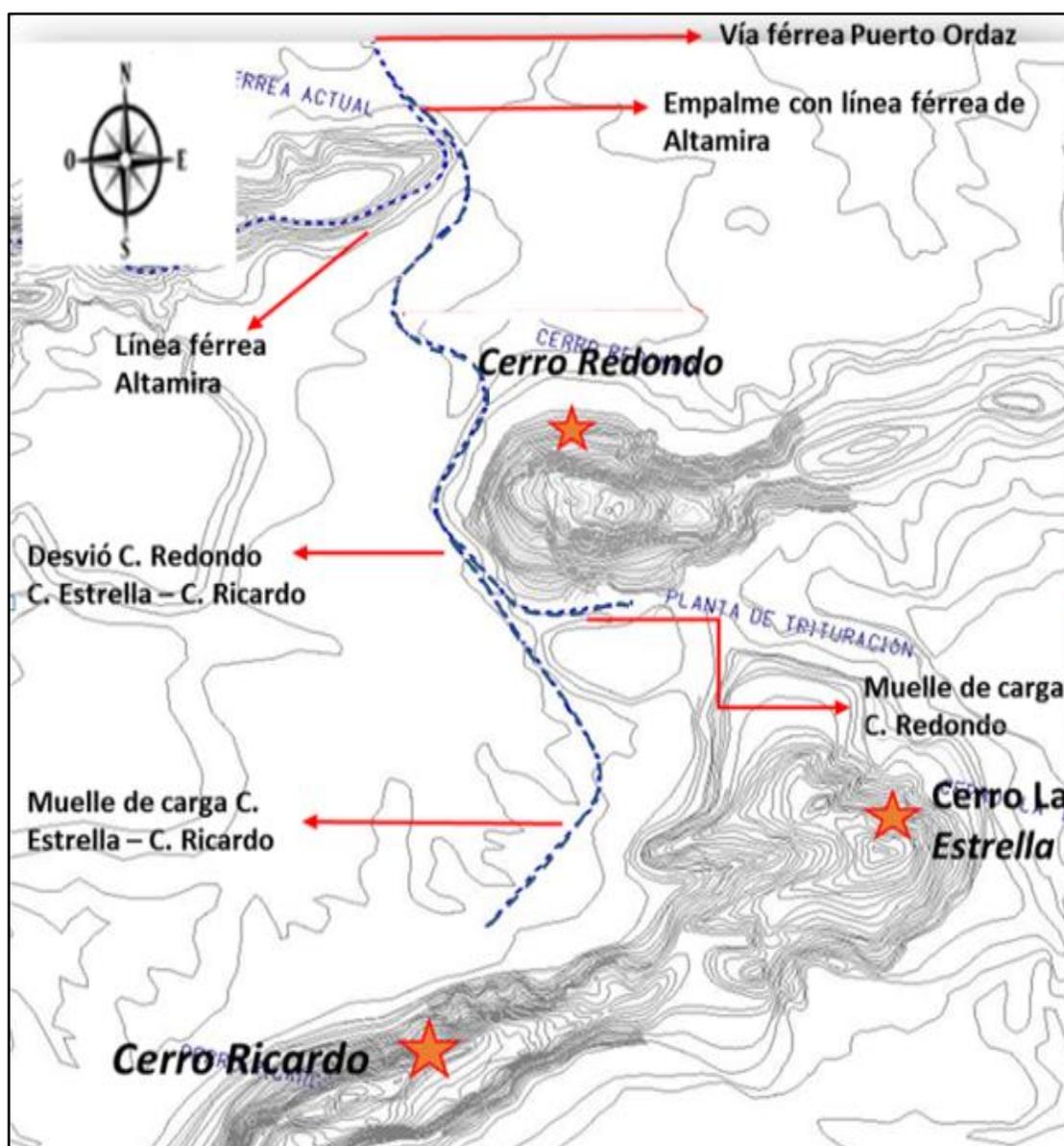


Figura 5.9. Planteamiento preliminar de la vía férrea para el Grupo Redondo

Tabla 5.24 Descripción de las coordenadas y ubicación de la línea férrea y muelle de carga de Cerro Redondo.

Coordenadas UTM de los puntos principales de la línea férrea Grupo Redondo (C. Redondo)				
TRAMO N° 1	PUNTOS	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
EMPALME DE LA LINEA PRINCIPAL DE ALTAMIRA A LA LINEA PROPUESTA HACIA GRUPO REDONDO.	1	480385	830819	En estas coordenadas se encuentra el empalme de la línea férrea que va hacia el Grupo Redondo, saliente de la línea férrea de Altamira.
DESVIO DE LA LINEA FÉRREA HACIA CERRO REDONDO	2	481515	827706	En este punto de coordenada esta ubicado el cruce, donde la línea se desvia hacia Cerro Redondo. Hasta llegar al muelle de carga
UBICACIÓN DEL MUELLE DE CARGA DE CERRO REDONDO	3	482376	827321	Dentro de estos puntos se encuentra ubicado el muelle de carga propuesto para Cerro Redondo.
		482850	827502	

Tabla 5.25 Descripción de las coordenadas y ubicación de la línea férrea y muelle de carga de Cerro La Estrella y cerro Ricardo

Coordenadas UTM de los puntos principales de la línea férrea del Grupo Redondo C. La Estrella y C. Ricardo.				
TRAMO N°2	PUNTOS	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
EMPALME DE LA LINEA PRINCIPAL DE CERRO REDONDO A CERRO LA ESTRELLA Y CERRO RICARDO	1	481515	827706	En estas coordenadas se encuentra el empalme de la línea férrea que va hacia Cerro Redondo y la continuación de la línea férrea que va hacia C. La Estrella y C. Ricardo
UBICACIÓN DEL MUELLE DE CARGA DE C. LA ESTRELLA Y C. RICARDO	2	482856	825893	Dentro de estos puntos se encuentra ubicado el muelle de carga
		482415	825002	

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Las reservas geológicas medidas de alto tenor del grupo redondo alcanzan un total de 119 millones de toneladas con un porcentaje de sílice aceptable de 3,28% y una pérdida por calcinación algo alta para las especificaciones de calidad, pero que dentro del contexto de explotación se pudiera mejorar para su venta. Mientras que por otro lado las reservas medidas de bajo tenor reportan unos 51 millones de toneladas con un promedio de hierro de 45% y sílice de 30% y pérdidas por calcinación de 3%, la cual tiene un potencial para ser tratada en una planta de concentración para aumentar el porcentaje de hierro bajar la sílice. Las reservas indicadas se estiman en 34 millones de toneladas con un promedio de hierro, sílice y pérdida por calcinación (PPC) de 52%, 20% y 4% respectivamente, quedando como un recurso potencial para una reevaluación que los lleve a reservas medidas.

Con el diseño de explotación Open Pit de los cerros del grupo Redondo con un modelo de bloques de 15x15x10m, se lograron estimar 92 millones de toneladas, donde el cerro redondo aportara 58 millones de toneladas, el cerro La Estrella con 22 millones de toneladas y el cerro Ricardo unos 11 millones de toneladas con una relación de explotación general de 3:1, es decir, para producir 3 toneladas de mineral hay que extraer 1 tonelada de material no conforme. En contraste con el estudio del 2014 que se estimó 91 millones de toneladas de alto tenor, pero con 95 millones de material no conforme, dando esta una relación de explotación muy baja (0,95:1) en relación a la de esta investigación, y aunque la cantidad de toneladas de alto tenor son similares estas se diferencian en el tenor que para el 2014 fue de 54% de Fe en promedio y para esta investigación resulta en 62% en promedio. Se concluye entonces que disminuir la altura de banco a 10 m no aumento las toneladas de alto

tenor, pero si la calidad del mineral recuperable. En otro orden de ideas, el cerro Redondo es el que aportara más del 50% de materia prima, pero con un alta contenido de PPC de 8%, mientras los cerros La Estrella y Ricardo tienen una PPC de 3% y 5% respectivamente, lo que hace imperante que la explotación de los tres cerros sea simultaneo para poder general mezclas que logren ajar el valor de PPC para su comercialización.

. En cuanto al material no conforme, estos pueden ir destinados a botaderos o depósitos, ya que la laterita estará destinada a los botaderos, pero la cuarcita friable y cuarcita dura puede desviarse a depósitos que posteriormente puedan ser utilizadas como materia prima en la planta de concentración, esta última representa un total de 17 millones de toneladas durante 10 años de explotación, mientras que hacia los botaderos irían 11 millones de toneladas de material laterítico. Por otro lado, la ubicación de los talleres y áreas de servicios como baños y comedores están en el lugar más idóneo, uno en cerro Redondo y otro entre cerro La Estrella y Ricardo, ya que así, se agilizarán las operaciones de producción.

Es necesario para la explotación del grupo Redondo las adquisiciones 47 equipos mineros de los cuales 22 son de nueva gama, donde 14 son Camiones Roqueros Caterpillar 777G de 100 toneladas, 4 son palas hidráulicas Caterpillar 015 de 7,9 Yd³ y 4 son cargadores frontales Komatsu W900 de 12,5 Yd³. Los demás equipos secundarios auxiliares tales como perforadoras, tractores motoniveladoras, grúas, montacargas, camión cisterna, super lowboy son equipos que la empresa ha adquirido anteriormente la selección y cantidad se basó en la experiencia y mejores prácticas. El material explosivo necesario para la fragmentación de las rocas se estimó teniendo en cuenta una profundidad de perforación de 12,5 metro, una longitud de carga de explosivo de 8,87 metros y un diámetro de perforación de 97/8 y 4 pulgadas, y función de un consume de 0,40 m/saco y 1,3 m/saco de ANFO respectivamente, un peso de 30 kg/saco de ANFO, nos arrojó una carga lineal de 75 y

23 kg/m de explosivo (ANFO) respectivamente. La cantidad de explosivo necesario para los 10 años de operación ronda los 33 millones de kilogramos de ANFO y 55 mil kilogramos de emulsión Ultrex. Los metros a perforar durante los 10 años de operación se estiman alrededor de los 1.300.000 metros.

El planteamiento cualitativo del trazado preliminar de la línea férrea que comunique el Grupo Redondo con el resto del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro (C.F.S.I), se asoma realizar un empalme de la línea férrea actual que va desde Cerro Altamira hasta Puerto Ordaz, contemplando para ello un desvío en el kilómetro 6, donde comienza la línea propuesta para unir Grupo Redondo con el (C.F.S.I) dicha propuesta consta de dos tramos, uno de 5,6 kilómetros que llega hasta el muelle de carga propuesto para Cerro Redondo y otro tramo de 7,4 kilómetros que llegara hasta el muelle de carga propuesto entre Cerro La Estrella y Cerro Ricardo.

6.2 Recomendaciones.

. Realizar nuevos sondeos geo-exploratorios por parte de geología la extensión del grupo Redondo, de manera de aumentar la confiabilidad del cálculo de reservas y a su vez convertir las reservas indicadas en reservas medidas, así como también, debido a que en el grupo redondo se pudiera encontrar en el momento de la planificación extracción una cantidad de material de alto tenor con pérdidas por calcinación (PPC) mayor al 6%, se recomiendan hacer investigación para bajar eso valores /o buscar mercados de comercialización alternativos que acepten estos valores altos de PPC.

Se recomienda hacer el estudio para la instalación de dos (2) plantas de trituración móviles, una (1) ubicada en el yacimiento de Cerro Redondo con dos (2) líneas de producción de 750 t/h cada una, y la segunda estaría ubicada en los linderos entre Cerro La Estrella y Cerro Ricardo, esta con una línea(1) de producción de 750 t/h. Y,

por otro lado, realizar los perfiles topográficos de la línea férrea planteada para iniciar los cálculos de ingeniería de detalle de la misma para su posterior construcción,

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abreu G. Juan C., (2002) **“DISEÑO DE UN PLAN DE EXPLOTACIÓN YACIMIENTO DE CALIZA, CANTERA LA GAMARRA, MAGDALENO, ESTADO ARAGUA.”**

Alfaro, M. (2009). **EFFECTO DE APLICACIÓN DE LEYES DE CORTE EN EL CÁLCULO DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN.** Tesis para optar el título de ingeniero civil de minas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle>

Ascanio, G. (1976). **COMPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL MINERAL DE HIERRO EN VENEZUELA “CERRO LA ESTRELLA”.** Informe Geológico Minero.

Ascanio, G. (1976). **COMPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL MINERAL DE HIERRO EN VENEZUELA “CERRO RICARDO”.** Informe Geológico Minero.

Bolívar H. Enyerberth J. (2014) **“DISEÑO DE LA SECUENCIA DE EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS QUE CONFORMAN EL GRUPO REDONDO DEL DISTRITO FERRÍFERO PIAR PARA UN PERIODO DE LARGO PLAZO, C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A., ESTADO BOLÍVAR.”**

Caterpillar (2000). **MANUAL DE RENDIMIENTO.** Illinois USA impreso en USA. Octubre de 2.000 Edición 31

CVG Ferrominera Orinoco C.A.(1991). **INFORME GEOLÓGICO DEL CERRO REDONDO.** [Informe Interno]. Superintendencia de Ingeniería de Minas, Jefatura de Área Geología. Cd. Piar, Estado Bolívar.

CVG-Ferrominera Orinoco C.A. (1991). **ESTUDIOS DE LOS YACIMIENTOS DEL DFP.** [Informe Interno]. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ing. de Mina, Jefatura de Área de Geología. Cd. Piar, Estado Bolívar.

CVG-Ferrominera Orinoco C.A. (2001). **PLAN DE MINAS 2001-2025.** [Informe Interno]. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ing. de Mina, Jefatura de Área de Planificación y Desarrollo de Mina. Cd. Piar, Estado Bolívar.

CVG Ferrominera Orinoco C.A. (2004). **RESERVAS GEOLÓGICAS DE MINERAL DE HIERRO DEL DFP**. [Informe Interno]. Gerencia de Minería, Superintendencia de Ing. de Mina, Jefatura de Área de Geología. Cd. Piar, Estado Bolívar.

Chacón, Edgar. (1.997). **TECNICAS DE OPERACIONES DE MINERÍA DE SUPERFICIE**. Volumen I y II. Trabajo de Ascenso, Escuela de Ciencias de la Tierra, UDO Bolívar. Ciudad Bolívar.

Mendoza, Vicente. (2.000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA**. Pto. Ordaz, Venezuela.

ECOCARBON, 1995 **“CLASIFICACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS”** [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.simco.gov.co/Portals/>

Estaba, Héctor. (1.990). **ANTEPROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE MINERAL DE HIERRO DEL CERRO SAN JOAQUIN**. Tesis de Grado, UDO Bolívar. Ciudad Bolívar.

Fidias G. Arias, (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. 6ª Edición Editorial Episteme

Franklin A. González (2003) **“ANTEPROYECTO DE EXPLOTACION DE CERRO REDONDO, MUNICIPIO RAUL LEONI – ESTADO BOLIVAR”**.

Gil, Miguel. (1997), **PERFORACIÓN Y VOLADURAS**. Inédito. Tomos I-II

González, Juan P. (2012) **LINEAMIENTOS CIM PARA RECURSOS Y RESERVAS**. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.comisionminera.cl/>

Herrera H., Juan, (2006) **“MÉTODOS DE MINERÍA A CIELO ABIERTO”** [Documento en Línea]. Disponible: <http://oa.upm.es/>

Instituto Tecnológico Geominero de España (1994). **“MANUAL DE PERFORACIÓN Y VOLADURA DE ROCAS”**, I. Izquierdo S.A. Madrid.

Manuel A. Rojas G. (2007) **“DISEÑO DE DEPÓSITOS Y/O BOTADEROS PARA LA DISTRIBUCIÓN Y DISPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA NO CONFORME PROVENIENTE DEL CUADRILÁTERO FERRÍFERO SAN ISIDRO Y LA MINA ALTAMIRA PARA EL PERÍODO 2007 – 2011”**.

MINESIGHT.COM. Disponible: <http://www.minesight.com/>

Marín, Francisco (1.991). **ANTEPROYECTO DE EXPLOTACIÓN CERRO LAS PAILAS**. Tesis de Grado, UDO Bolívar. Ciudad Bolívar

Urbina, Roberto. (2.000). **DISEÑO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA MATERIA PRIMA NO CONFORME EN EL CUADRILATERO FERRIFERO SAN ISIDRO Y LA MINA ALTAMIRA PARA EL PERIODO (2.001-2.015) CIUDAD PIAR, EDO. BOLÍVAR**. Tesis de Grado, UDO Bolívar. Ciudad Bolívar.

Villanueva, Alex. (2006), **“GUIA DE ESTUDIO DE OPERACIONES MINERAS”**. Caracas, Venezuela.

William E., Peña H., (2005) **“ACTUALIZACIÓN DE LAS RESERVAS GEOLÓGICAS DE CERRO TORIBIO Y CERRO REDONDO, UBICADOS EN EL MUNICIPIO AUTÓNOMO LEONI, ESTADO BOLÍVAR”**. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad de Oriente, estado Bolívar

ANEXOS

Anexo A. Cálculo de la cantidad de equipos de carga acarreo (Camión y pala)

EQUIPOS DE EXCAVACIÓN	
Jornada Laboral (Hr)	8
Turnos/Dia	2
Dias Anuales	30
Total Horas año	480
turno año	60
Dias Feriados	1
Sabados y Domingos No Trabajados	4
Horas Feriadas	16
Horas Descanso Sabado y Domingos	64
Turnos/Feriados	2
turnos Descanso Sabado y Domingos	8
horas Disponibles	400
Turnos/ Anuales EFECTIVO	50
Numero de dias/ año	25
(-) Tiempo de Mantenimiento Preventivo (hr/año)	41
(-) Tiempo por Reparaciones Mayores plan (hr/año)	16
(-) Tiempo por Reparaciones Menores (hr/año)	2
Total Horas Anuales	342
DISPONIBILIDAD FISICA (%)	85

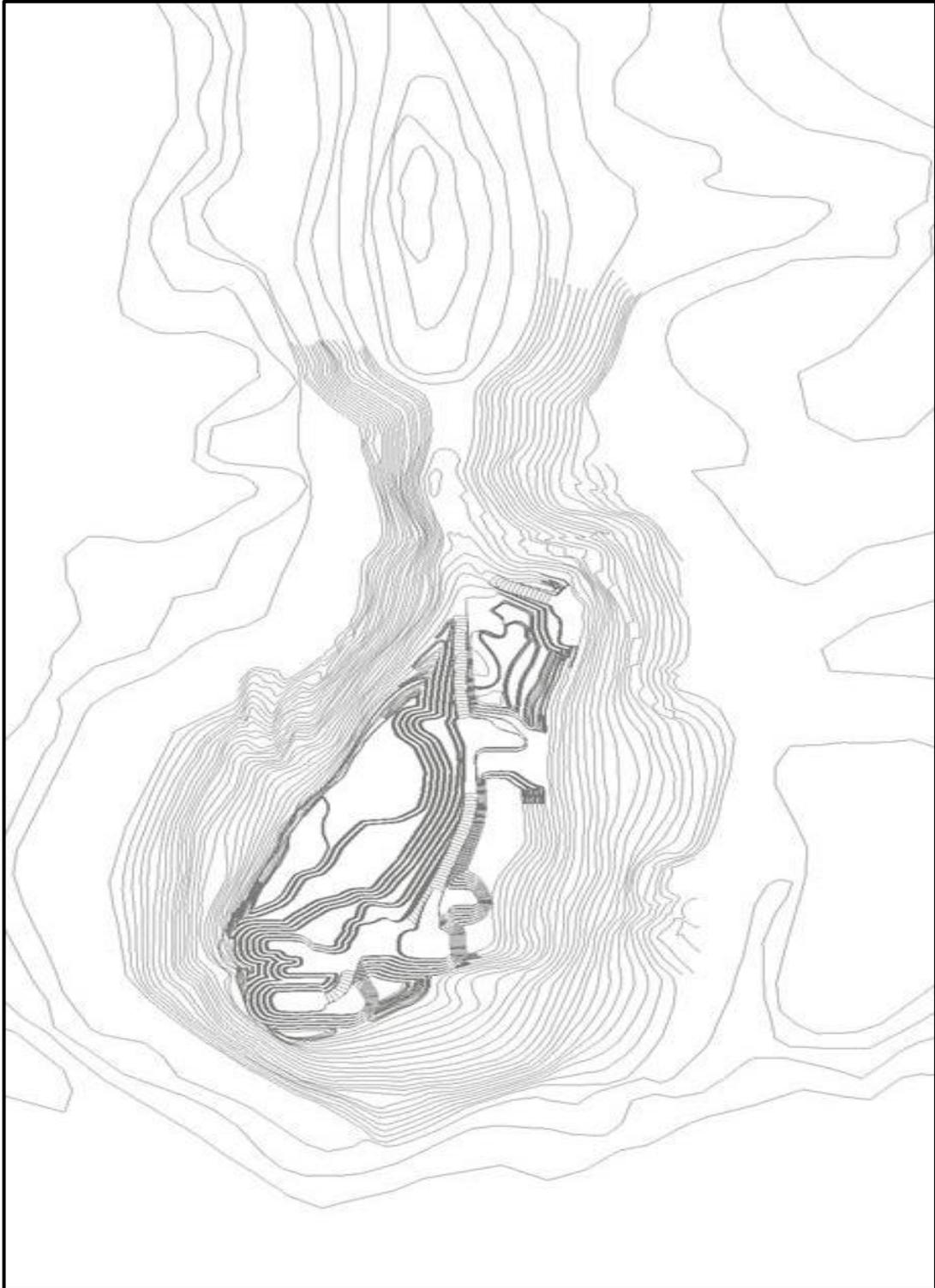
Calculo de Tiempo Efectivo en la Excavación de Mena y NC	Hr/Turno
Jornada Laboral	8
Demoras Inevitables	2.36
(-) Demoras Operacionales	0.58
Traslado inicio del estac. A la Frente de Producción	0.08
Traslado a la Caseta antes de comida	0.08
Traslado después de comida	0.08
Traslado a la Caseta fin jornada	0.08
Arreglo de Frente	0.03
Lluvia y Neblina	0.14
Voladura	0.07
(-) Demoras Establecidas	1.78
Cambio de vestuarios y preparación de herramientas-Inicio de Turno	0.17
Charla del Supervisor	0.25
Revisión y encendido equipo de Excavación	0.33
Tiempo de comida	0.50
Parada necesidad fisiológica	0.10
Instrucciones del Supervisor después de comida	0.18
Tiempo de Guarda Herramienta y Aseo Personal - Fin de Turno	0.25
Tiempo Efectivo	5.64

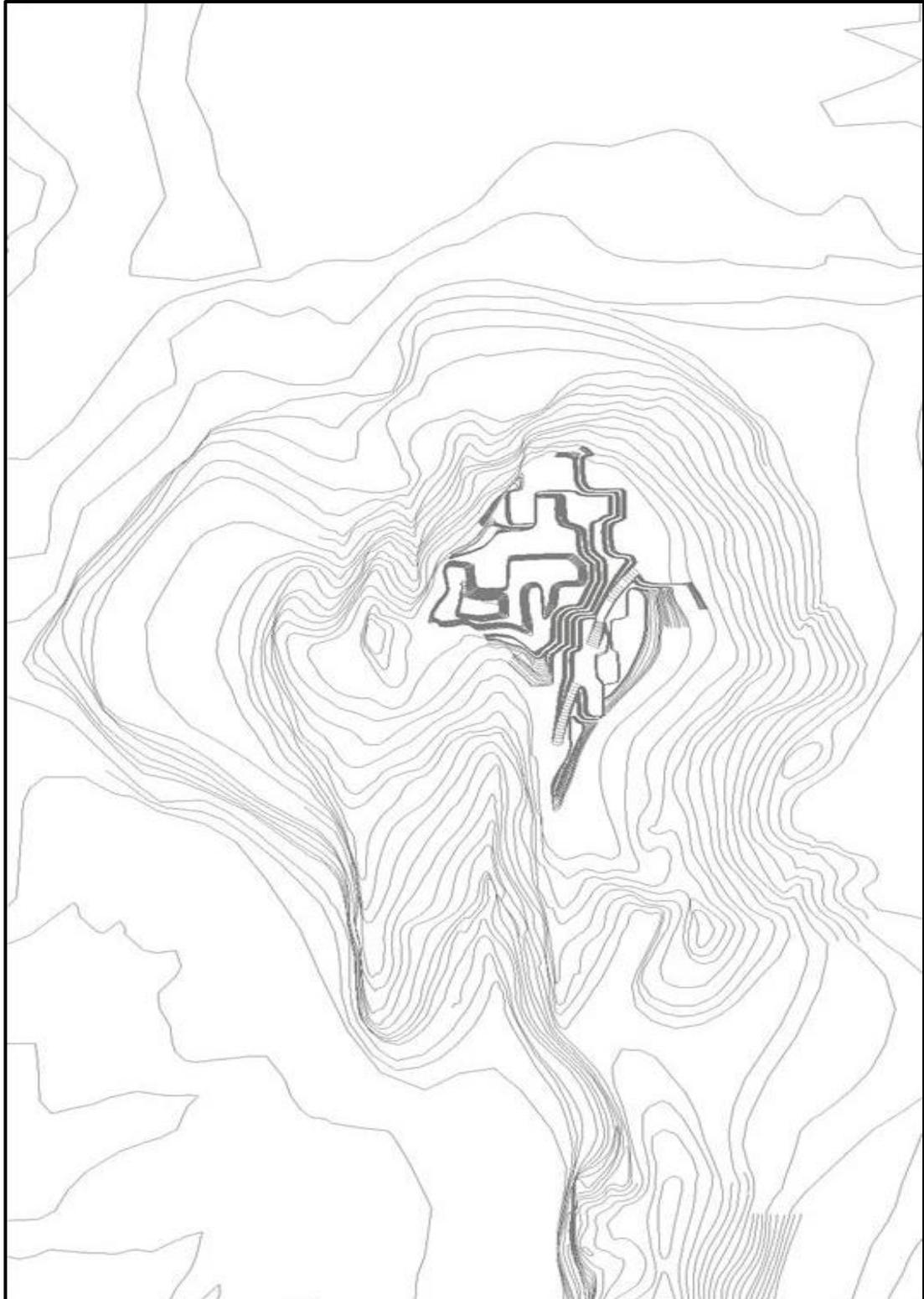
DESCRIPCIÓN DE EQUIPO			
EXCAVADORA HIDRAULICA 7,9 YD3 CAT			
Rend (ton/hr)		1,232.16	
DF%		85	
UD%		90	
Tiempo Efectivo /turno		5.64	
Rend. (t/turno)		5,342.17	
Numero de Turnos / dias		2	
Rend. (t/dia)		10,684.35	
turno / mes		50	
CAPACIDAD DE EQUIPO		REQUERIMIENTO EQUIPO	
t/mes		Nº Eq Excavación	TOTAL REQ Excavación
267,108.63		3.74	4
CALCULO DE RENDIMIENTO		EXCAVADORA HIDRAULICA 7,9 YD3 CAT	
yd3		7.9	
factor m3		0.76	
m3		6.04	
Dens (t/m3)		2.60	
Capacidad del Balde (t) / pase		15.70	
Factor de llenado		0.85	
Capacidad del Balde (t) / pase		13.35	
Tiempo de carga / pase (min)		0.65	
Rendimiento teorico (t/h)		1,232.16	
Disponibilidad Fisica (DF %)		85	
Uso de la Disponibilidad Fisica (UD %)		90	

FACTOR DE ACARREO	(min / mts)	VELOCIDAD PROMEDIO (KM/HR)	Viaje/hr	min/hr	min/viaje
Viaje Cargado	0.002399995	25.00	4.9	60.00	12.30
Viaje Vacío	0.001999996	30.00			
		N° Viaje-Camión/t	total Viaje/tu m	ton/tu mo	ton/día
		21.14	222.22	20.000.00	40.000.00
CAMIONES ROQUEROS 100 TN. CAT	90				
CALCULO DE RENDIMIENTO	TEU				
Distancia de A carreo mts.	1,300.00				
Demora en cola para Cargar (min)	0.5				
Posicionamiento para Cargar (min)	0.72				
Capacidad del Balde (t) / pase	15.70				
N° pases / cam 90 t	5.73				
Tiempo de carga / pase (min) - Rendimiento teorico (t/h)	0.65				
Tiempo de Carga (min)	3.73				
Viaje Cargado (min)	3.12				
Demora en Cola para descargar (min)	0.50				
Posicionarse para descargar	0.31				
Descarga	0.83				
Viaje Vacío	2.60				
Tiempo de Ciclo Camion 90 t (min)	12.30				
Tonelas / Camion	90.00				
Rendimiento teorico (t/h)	438.86				
Disponibilidad Fisica (DF %)	85				
Uso de la Disponibilidad Fisica (UD %)	90				
Rend. (t/h)	337.21				
Tiempo Efectivo	5.64				
Rend. (t/tu mo)	1,903				
Numero de Turnos / dias	2				
Rend. (t/día)	3,805				
Numero de días	25				
t/año	95,137				
Turnos/ Año	50				
t/año	95,137				

CAPACIDAD FLOTA DE CAMION		
ton-Camión/hr	Total ton-Flota camión/hr	ton/día
337.21	3,544	40,000.00

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO			
CAMIONES ROQUEROS 100 TN. CAT			
Rend (ton/hr)		438.86	
DF%		85	
UD%		90	
Tiempo Efectivo /turno		5.64	
Rend. (t/turno)		1,902.73	
Numero de Turnos / dias		2	
Rend. (t/dia)		3,805.47	
turno / mes		50	
CAPACIDAD DE EQUIPO		REQUERIMIENTO EQUIPO	
t/mes		Nº Eq Acarreo	TOTAL REQ Acarreo
95,136.74		13,3	14

Anexo B . Topografía final de Cerro Redondo

Anexo C . Topografía final de Cerro La Estrella

Anexo D . Topografía final de Cerro Ricardo

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: 1/6

TÍTULO	Actualización parcial del plan de explotación de los yacimientos que conforman el grupo redondo (cerro Redondo, cerro la Estrella y cerro Ricardo), del distrito Ferrífero piar, para un periodo de 10 años en C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. Municipio Bolivariano Angostura, Estado Bolívar.
---------------	---

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO ORCID / E MAIL
Camilo German Garcia Aponte	ORCID: E MAIL: jcamilo29.3@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

explotación minera

exploración minera

sondeos geo exploratorios

bermas de seguridad

talud

open pit

cuarcita

sílice

costras masivas.

costras ferruginosas.

.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: 2/6

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Dpto. de Ingeniería de Minas	Ingeniería de Minas

RESUMEN (ABSTRACT):

La empresa C.V.G Ferrominera Orinoco C.A. es la encargada de la explotación y producción de los yacimientos de mineral de hierro, así como también su comercialización en Venezuela. El objetivo principal del estudio fue actualizar parcialmente el plan de explotación preliminar para los yacimientos que conforman el Grupo Redondo; (Cerro Redondo, Cerro la Estrella y Cerro Ricardo) del Distrito Ferrífero Piar ubicados en el Municipio Bolivariano Angostura, Estado Bolívar, para un periodo de 10 años. Para ello se hizo uso del software minero MineSight 3D versión 5.50 para actualizar el modelo geológico de los yacimientos a partir de sondeos preexistentes. Para el diseño de fosa abierta (open Pit) se consideraron bancos de 10m de alto, 6,36m de ancho de bermas, 45º de ángulo de fosas y 70º de ángulo de talud, con vías de accesos de 30m de ancho y pendientes de 10º como máximo. Posteriormente se determinaron los equipos principales, auxiliares y finalmente se propuso preliminar y cualitativamente la mejor trayectoria para la línea férrea. Las reservas geológicas medidas de alto tenor alcanzan un total de 92 millones de toneladas con un porcentaje de sílice aceptable de 3,28% y una pérdida por calcinación algo alta para las especificaciones de calidad. Y las reservas medidas de bajo tenor reportan unos 51 millones de toneladas con un promedio de hierro de 45% y sílice de 30% y pérdidas por calcinación de 3%. Las reservas recuperables se estiman para Cerro Redondo 58.616.973 toneladas de material de Alto Tenor (Mena) y 20.803.017 toneladas de material no conforme (Estéril), Cerro la Estrella 22.329.021 toneladas de material de Alto Tenor y 3.156.453 toneladas de material no conforme, Cerro Ricardo 11.448.352 toneladas de material de Alto Tenor y 5.499.067 toneladas de material no conforme, para un total de 92.394.346 toneladas de material de Alto Tenor y 29.458.537 toneladas de material no conforme, indicando una relación de explotación de 3:1. La flota totalizan 47 equipos, donde 22 son de nueva gama, de estos 14 son Camiones Roqueros Caterpillar 777G de 100 toneladas, 4 son palas hidráulicas Caterpillar 015 de 7,9 Yd3 y 4 son cargadores frontales Komatsu W900 de 12,5 Yd3. Los demás equipos secundarios auxiliares tales como perforadoras, tractores motoniveladoras, grúas, montacargas, camión cisterna, super lowboy, la selección y cantidad se basó en la experiencia y mejores prácticas de la empresa. La cantidad de material explosivo necesario para los 10 años de operación ronda los 33 millones de kilogramos de ANFO y 55 mil kilogramos de emulsión Ultrex. Los metros a perforar durante los 10 años de operación se estiman alrededor de los 1.300.000 metros. La propuesta del trazado preliminar de la línea férrea que comunique el Grupo Redondo con el resto del Cuadrilátero Ferrífero San Isidro (C.F.S.I), se plantea en dos (2) tramos, uno que empalma en el kilómetro 6 de la actual vía férrea del Cerro Altamira, con una distancia de 5,6 km hasta el muelle de carga propuesto para Cerro Redondo y otro tramo de 7,4 kilómetros que empalma con el primero este llegara hasta el muelle de carga propuesto entre Cerro La Estrella y Cerro Ricardo.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: 3/6

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU X	JU X
Bezeida Osio	ORCID:				
	E_MAIL	Bezeida2404@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Víctor Gonzales	ORCID:				
	E_MAIL	Victor.g.sfa@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Nelson Medori	ORCID:				
	E_MAIL	nelsonamedori@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2025	02	19
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: 4/6

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
NBOTTG_GACG2025	. MS.word

ALCANCE

El desarrollo del proyecto se ejecutó sobre la base de datos de tres yacimientos de mineral de hierro que están en jurisdicción de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., estos son conocidos con los nombres de: Cerro Redondo, Cerro La Estrella y Cerro Ricardo. La investigación profundiza en la estimación de reservas explotables tanto de alto tenor como de bajo tenor con la aplicación del Software MineSight®3D versión 5.50 mediante el método de explotación (Open Pit), la determinación de los equipos mineros principales, auxiliares y el material explosivo necesario para el arranque del mineral.

ESPACIAL: EJ: DPTO DE INGENERIA DE MINAS, UNIVERSIDAD DE ORIENTE, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR

TEMPORAL: DE 1 A 10 AÑOS QUE TIEMPO DE VIDA LE DARIAS A TU INVESTIGACION

10 años

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero de Minas

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Ingeniería de Minas

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLAÑOS CUNPELE
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telesinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: 6/6

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “



AUTOR

Camilo German Garcia Aponte

C.I: V-24.378.723



TUTOR

Bezeida Osio

C.I: V- 7.253.131

POR LA COMISIÓN DE TESIS