

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO PARA LA MINA CHOCO 10, EN EL BLOQUE GUASIPATI – EL CALLAO MUNICIPIO EL CALLAO ESTADO BOLÍVAR PERIODO 2017- 2021

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Statzewitch M, José M.
Para optar al Título
de Ingeniero de Minas

Caracas, Octubre de 2017

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO PARA LA MINA CHOCO 10, EN EL BLOQUE GUASIPATI – EL CALLAO MUNICIPIO EL CALLAO ESTADO BOLÍVAR PERIODO 2017- 2021

Tutora Académica: Profa. Aurora Piña

Tutor Industrial: Ing. Hildemaro Méndez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br. Statzewitch M, José M.

Para optar al Título
de Ingeniero de Minas

Caracas, Octubre de 2017

Caracas, Octubre 2017

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

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

**“PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO PARA LA MINA
CHOCO 10, EN EL BLOQUE GUASIPATI – EL CALLAO MUNICIPIO EL
CALLAO ESTADO BOLÍVAR PERIODO 2017-2021”**

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

Prof. Sasha Cazal
Jurado

Prof. Omar Márquez
Jurado

Prof. Aurora Piña
Tutor Académico

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a la Universidad Central de Venezuela por darme la oportunidad de desarrollar mi potencial. A los profesores y personal de la Facultad de Ingeniería así como de la Escuela de geología Minas y Geofísica por brindarme una formación profesional y personal de alto grado. A mi tutora Prof. Aurora Piña con su constante buena actitud y motivación personal, mi tutor industrial Ing. Hildemaro Méndez por toda la asesoría técnica y personal dada de manera incondicional.

A la Empresa Bloque Guasipati- El Callao por facilitarme la información así como parte de la instrucción en los programas necesarios y permitirme la oportunidad de pertenecer a un proyecto como este.

A mis compañeros del Club de Rugby de la UCV que me enseñaron a levantarme no importa la cantidad de veces que la vida te derribe, mi familia por darme el apoyo incondicional durante estos años de carrera y por ultimo a mi padre y madre sin los cuales jamás habría podido llegar hasta acá.

A todos ustedes, mi éxito es el de ustedes también.

**PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO PARA LA
MINA CHOCO 10, EN EL BLOQUE GUASIPATI – EL CALLAO
MUNICIPIO EL CALLAO ESTADO BOLÍVAR PERIODO 2017-
2021**

Tutor académico: Profesora Aurora Piña. Tutor Industrial Ing. Hildemaro Méndez.

Tesis. Caracas, U.C.V Facultad de Ingeniería. Escuela de geología, Minas y Geofísica.

Palabras clave: Planificación, Largo Plazo, Estado Bolívar, Minería del Oro, Mina Choco 10.

RESUMEN. En el siguiente trabajo se presenta una propuesta de metodología para el diseño de secuencias de explotación en planificaciones a largo plazo, que normalicen y prioricen variables como la relación de remoción y ley mineral usada en la planificación a largo plazo en la Mina Choco 10, ubicada en el municipio El Callao, estado Bolívar. Estas variables se les asignan preguntas para ser afiliadas a un diagrama de flujo final utilizado como herramienta para la realización de la secuencia del Plan Quinquenal 2017-2021.

El uso del diagrama de flujo desarrollado en la presente investigación facilita la tarea del planificador, generando un sistema en el cual las variables son priorizadas para un mejor avalúo. Se sugiere la creación de planes alternativos los cuales vean en casos hipotéticos la suspensión de operaciones en diferentes frentes operativos y fosas.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	iii
MENCIÓN HONORÍFICA	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2. Objetivos de la investigación	18
1.2.1. Objetivo General.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.2 Justificación	18
2.1 Antecedentes de la investigación.....	19
CAPITULO II	21
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	21
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Ubicación Geográfica.....	22
2.2.3 Geología Local	47
CAPITULO III.....	55
BASES CONCEPTUALES	55
3.2. Métodos de explotación.....	57
3.3. Minería a cielo abierto	57
3.4. Tajo abierto (Open pit).....	58

3.5. Capas descubiertas.....	59
3.6. Terrazas	60
3.7. Contorno.....	61
3.8. Minería de placeres.....	62
3.9. Secuencia de explotación	62
3.10. Planificación minera	63
3.11. Control de leyes del mineral.....	63
3.12. Métodos de definición para los límites económicos de una explotación a cielo abierto.....	64
3.14. Frente operativo	71
3.15 Índices clave de desempeño (KPI)	72
3.16. Ley del Oro y Minerales Estratégicos.....	73
CAPITULO IV	75
MARCO METODOLÓGICO	75
4.1 Tipo de Investigación	76
4.2 Diseño de la investigación	76
4.3 Población y Muestra.....	76
4.4 Técnicas y Métodos de Recolección de Datos	76
4.5 Análisis de los datos e interpretación	77
CAPITULO V.....	80
RESULTADOS Y ANALISIS.....	80
5.1 Recopilación y revisión de las reservas minerales.....	81
5.2 Revisión del Plan Quinquenal	82
5.2.1Distribución de las reservas.....	83
5.2.2 Expectativa de vida	84
5.2.3 Ley de mineral a lo largo de la explotación.....	85
5.3 Caracterización de las variables en Planificación	86
5.3.1 Escorrentía de las aguas	87

5.3.2 Características geológicas del cuerpo mineral.....	89
5.3.3 Relación de remoción.....	90
5.3.4 Frentes operativos.....	90
5.3.5 Capacidad de producción y disponibilidad de los equipos.....	93
5.3.6 Material almacenado.....	94
5.4 Estructuración de un diagrama de flujo.....	95
5.5 Delimitación de bloques en la secuencia de extracción e interfaz.....	100
5.6 Presentación e interpretación de datos arrojados.....	102
5.6.1 Año 2017.....	103
5.6.2 Año 2018.....	108
5.6.3 Año 2019.....	113
5.6.4 Año 2020.....	117
5.6.5 Año 2021.....	121
5.6.6 Resumen del Plan Quinquenal.....	125
5.7 Elementos externos para la actual y futura secuencia en el yacimiento.....	130
5.7.1 Uso de la fosa Coacia como escombrera.....	130
5.7.2 Consideraciones sobre el aumento de la densidad en los KPI.....	131
CONCLUSIONES.....	133
Y RECOMENDACIONES.....	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica. Fuente: Google Maps 2016	22
Figura 2 Concesiones mineras de la zona. Fuente: Unidad de geología P.M.G., S.A.2003.....	23
Figura 3 Localización y vías de acceso de la población de El Callao y de la concesión Choco 10 (C.V.G. Minerven, Unidad geológica, 2002).	24
Figura 4 Organigrama de unidad de minas Bloque Guasipati-El Callao	29
Figura 5 Estructura de trabajo Bloque Guasipati-El Callao. Fuente: Gerencia de Mina Bloque Guasipati-EL Callao	30
Figura 6 Esquema del proceso de Planta (Departamento de relaciones públicas Bloque Guasipati-El Callao).	35
Figura 7 Seccionamiento de la concesión Choco 10 en parcelas paralelas (Gerencia de Ingeniería de Minas Bloque Guasipati-El Callao).	38
Figura 8 Diseño final de Rosika y Coacia (Bloque Guasipati-El Callao).....	38
Figura 9 Flujograma de las Operaciones Unitarias. Elaboración propia	39
Figura 10 Proceso de carga sobre banco .Fuente: CODELCO mining dictionary.....	41
Figura 11 Provincias geológicas de Guayana .Fuente: Departamento de Geología CVG Minerven.....	43
Figura 12 Ubicación de los depósitos pertenecientes a la concesión Choco 10 .Fuente: Unidad de Geología P.M.G., S.A .2003.....	49
Figura 13 Columna estratigráfica del proyecto Choco 10. Fuente: Unidad de Geología P.M.G., S.A. 2003.....	50
Figura 14 Diseño 3D de una mina tajo abierto (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto).....	58
Figura 15 Descubierta del carbón (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto).....	59
Figura 16 Método de las terrazas (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto).....	60

Figura 17 Minería de contorno (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto).....	61
Figura 18 Perfil de un modelo de bloques sometido al algoritmo del Cono Móvil Optimizante, (Gonzales, 2012)	65
Figura 19 Esquema donde se representa el beneficio que aporta la extracción de cada bloque (Gonzales, 2012)	66
Figura 20 Esquema que representa la construcción del cono en el bloque uno (1) (Gonzales, 2012).	67
Figura 21 Representación de relación de remoción .Fuente: Modificado de SME (1997).....	68
Figura 22 Relación de remoción .Fuente: Modificado de SME (1997).....	68
Figura 23 Método de Remoción en Disminución. Fuente: Modificado de SME (1997).....	69
Figura 24 Método de la relación en aumento. Fuente: Modificado de SME (1997). .	70
Figura 25 Método de relación media. Fuente: Modificado de SME (1997).	71
Figura 26 Formato para la entrega de cifras de un Plan Quinquenal. Fuente: Elaboración Propia.	78
Figura 27 Etapas para el desarrollo de una propuesta de planificación a largo plazo	79
Figura 28 Organización de la información por bloques, así como su sistema de etiqueta. Fuente Elaboración Propia.	82
Figura 29 Contraste de reservas con el Plan Quinquenal y distribución de las reservas. Fuente: elaboración propia.....	84
Figura 30 Comparación de las expectativas de vida de Rosika y Coacia en diferentes planes de acción. Fuente: elaboración propia	85
Figura 31 Corte transversal Norte-Sur fosa Rosika con los tenores superiores a 2g/T, 3g/T y 4g/T respectivamente. Fuente: elaboración propia.....	86
Figura 32 Diseño en secuencia de un panel con menor nivel para el encausamiento de las aguas. Fuente: Elaboración propia.....	88
Figura 33 Corte transversal Oeste-Este de las fosas Rosika y Coacia por los paneles N4 y S5 respectivamente. Fuente: Propia	89

Figura 34 Diferentes frentes operativos de Rosika en vista transversal. Fuente: Propia	91
Figura 35 Diagrama de Flujo para la selección y delimitación de bloques N°1.....	97
Figura 36 Diagrama de Flujo para la selección y delimitación de bloques N°2.....	98
Figura 37 Diagrama de Flujo para la selección y delimitación de bloques N°3.....	99
.Figura 38 Ecuaciones utilizadas para el cálculo de la tolerancia en la ley del mineral extraído. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 39 Tabla para la secuencia de extracción. Fuente: Elaboración propia.....	101
Figura 40 Resumen Gráfico de la secuencia del 2017. Fuente: Elaboración propia.	104
Figura 41 Perfil de Rosika y Coacia a finales del 2017. Fuente: Elaboración Propia	107
Figura 42 Resumen Gráfico de la secuencia del 2018. Fuente: Elaboración propia.	109
Figura 43 Perfil de Rosika y Coacia a finales del 2018. Fuente: Elaboración Propia.....	112
Figura 44 Resumen Grafico de la secuencia del 2019. Fuente: Elaboración propia.	114
Figura 45 Perfil de Rosika y Coacia a finales del 2019. Fuente: Elaboración Propia	116
Figura 46 Perfil de avance de la fosa Rosika a finales del 2020. Fuente: Elaboración Propia	120
Figura 47 Perfil de avance de la fosa Rosika a finales del 2020. Fuente: Elaboración Propia	121
Figura 48 Distribución de la extracción a lo largo de los primeros 4 años. Fuente: Elaboración Propia.....	122
Figura 49 Perfil de Rosika a finales del 2021. Fuente: Elaboración Propia.....	124
Figura 50 Material minado, Estéril o Mineral y su relación de remoción por año. Fuente: Elaboración propia	125
Figura 51 Histórico de cantidades de oro extraídas comparada con las cifras planificadas por el Plan Quinquenal. Fuente: Elaboración Propia.....	127
Figura 52 Resumen gráfico Plan Quinquenal. Fuente: Elaboración propia.....	129

Figura 53 Históricos de la densidad en el proyecto y profundidad promedio. Fuente:
Elaboración propia 132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas UTM de la concesión Choco 10.....	23
Tabla 2	Especificaciones para el diseño de taludes en Rosika y Coacia	39
Tabla 3	Especificaciones del patrón de voladura.....	40
Tabla 4	Características litológicas de la provincia de Pastora.....	46
Tabla 5	Estratigrafía del distrito El Callao.....	47
Tabla 6	Reservas minerales Fosas Rosika y Coacia	82
Tabla 7	Especificaciones del Plan Quinquenal 2017-2021.....	83
Tabla 8	Índices de KPI para el Bloque Guasipati-El Callao.....	93
Tabla 9	Evolución del tonelaje de mineral almacenado.....	94
Tabla 10	Resumen de la secuencia del 2017, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10	103
Tabla 11	Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2017.....	106
Tabla 12	Resumen de la secuencia del 2018, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10	108
Tabla 13	Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2018.....	111
Tabla 14	. Resumen de la secuencia del 2019, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10.....	113
Tabla 15	Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2019.....	115
Tabla 16	. Resumen de la secuencia del 2020, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10.....	118
Tabla 17	Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2020.....	119
Tabla 18	. Resumen de la secuencia del 2021, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10.....	121

Tabla 19 Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2021.....	123
Tabla 20 Resumen de las cifras anuales arrojadas por El Plan Quinquenal.	126
Tabla 21 . Comparación de variables obtenidas vs. planificadas.....	128
Tabla 22 Volúmenes manejados y uso de los equipos a través del Plan Quinquenal.	128
Tabla 23 Volumen existente en Coacia comparado con el volumen de estéril a extraer en Rosika durante el 2020-2021.....	131

INTRODUCCIÓN

La planificación minera a largo plazo permite identificar las limitantes técnicas y logísticas generadas por diferentes variables a lo largo de la vida de un proyecto minero. Es por ello que, es indispensable generar una planificación eficiente y asertiva que pueda prever las situaciones futuras, pues de ello dependerá la rentabilidad de procesos anteriores así como la plenitud de la vida de la mina.

El diseño de las secuencias de explotación previo al desarrollo del proyecto busca predecir los niveles de producción, así como la cantidad de insumos necesarios en áreas delimitadas con características conocidas, estos lineamientos para el diseño son tomados según aspectos operativos, técnicos y geológicos típicos del lugar y el depósito mineral. De esta manera se examina el comportamiento del proyecto contrastando los datos extraídos en campo con aquellos arrojados por el diseño. El entrelazado de ambas vistas determina y expone errores realizados en el proceso operativo, los cuales son necesarios identificar en vías de generar mejores estándares de competitividad.

La presente investigación tiene como finalidad realizar una propuesta de planificación con visión de largo plazo en la empresa Bloque Guasipati-El Callao específicamente la mina Choco10, tomando en cuenta la ampliación en la capacidad productiva estipulada para el periodo 2017-2021, así como describir el proceso de planificación y las variables encontradas para luego generar un diagrama de flujo que facilite el proceso de toma de decisión para la organización de secuencias de explotación a largo plazo. Esta empresa está ubicada en el municipio El Callao, Estado Bolívar dedicada a la extracción de Oro y otros metales utilizando minería a cielo abierto con métodos responsables.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Los métodos de planificación minera existentes están enfocados en condiciones geológicas y de depósitos singulares, causando así que toda la información sea relativamente específica para cada caso. Existen elementos determinados, tanto operacionales como estructurales que se repiten en diferentes depósitos, esto permite clasificar las problemáticas facilitando así la toma de decisiones. De esta forma surge la necesidad de describir dicho proceso de toma de decisiones y recalcar los factores que permitieron llegar a ese resultado, para así poder replicar los mismos procedimientos en el futuro.

La planificación dentro de la estructura de un proyecto viene a ser el puente que concatena todos aquellos aspectos teóricos y operativos de un proyecto, convirtiéndose así en el responsable de administrar el tiempo y las acciones. En la minería la planificación posee un gran peso debido a los prolongados periodos de tiempo necesarios para desarrollar etapas individuales de un proyecto, es por eso que la cantidad de capital invertido para generar herramientas que permitan un mayor desarrollo y exactitud, se ha visto incrementada en esta área.

La creación de un sistema unificado para la toma de decisiones que facilite la planificación minera es una idea futurística, sin embargo para llegar a tal punto es necesaria la descripción previa de cada uno de los procesos a trabajar. En la mina Choco 10 existen variables las cuales marcan pauta de cómo debe ser el proceso extractivo, tal es el caso de la separación entre menas de diferente ley, existen los óxidos saprolíticos de menor concentración los cuales se extraen mecánicamente, por otra parte se tienen basaltos almohadillados de mayor concentración que necesitan el uso de explosivos para su arranque adecuado, la variación de la concentración a medida que se profundiza en el cuerpo mineral y por último el buzamiento del mismo. Estos aspectos tienen implicaciones de carácter operativo las cuales determinan cual será el método más indicado para ese momento del proyecto.

En el caso de del Bloque Guasipati-El Callao más específicamente Choco 10, este trabajo busca la generación de un diagrama de flujo, que englobe las variables

anteriormente mencionadas así como facilite la toma de decisión en la secuencia de planificación deseada para el Plan Quinquenal 2017-2022.

El presente plan se apega a la necesidad de cambiar el procedimiento estipulado debido a la ampliación proyectada de la planta de procesamiento mineral, la cual pasará de 4.395 t/día a un total de 9.065t/día en un plazo de 5 años.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo General

Generar una propuesta de planificación a largo plazo para la mina Choco 10 Bloque Guasipati-El Callao, para el periodo 2017-2021.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Identificar las variables que pueden afectar la planificación de la secuencia de explotación durante el periodo estipulado.
2. Describir de manera organizada el método de toma de decisión para la planificación según las variables estipuladas.
3. Estructurar un diagrama funcional para la selección y división de bloques a extraer.
4. Elaborar una propuesta de planificación que tome en cuenta el incremento en la capacidad de producción estipulada para el periodo de estudio.

1.2 Justificación

Dentro de la estructura de una empresa minera, la planificación toma un papel medular al conectar y mantener erguido el proyecto. Los métodos que concatenan los aspectos teóricos y operativos característicos de cada proyecto, es necesario

documentarlos y estructurarlos según una metodología, para así propiciar el traspaso de la información tanto en el ámbito académico como empresarial.

El traspaso de la información dentro de las empresas mineras venezolanas viene a ser meramente empírico, por lo que no existe una instrucción metódica del proceso extractivo, causando así variaciones a medida que se traspasa la información. La documentación del método extractivo que se utiliza en la mina Choco 10 en forma de un diagrama de flujo, permitirá una mejor transferencia de la información dentro de la empresa así como también una ampliación del conocimiento académico presente, propiciando comparaciones con otros métodos existentes y dando a relucir posibles mejoras.

Vale destacar que la ampliación en la capacidad de producción en la mina Choco 10 se verá reflejado en un aumento en la cantidad de divisas que percibe el Banco Central de Venezuela, así como un aumento en la nómina de trabajadores en el Bloque Guasipati-El Callao, beneficiando así a las poblaciones circundantes.

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Autor: Ing. Artigas Z, María T. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería de la UCV. Año 2011 “Diseño de patrones de perforación y voladura, para normalizar la fragmentación del material resultante de la micha Choco 10 empresa PMG S.A. El Callao, Estado Bolívar”. Diseñar patrones de perforación y voladura para normalizar la fragmentación de material resultante en la mina Chocó 10 de la empresa PMG S.A. El Callao Estado Bolívar.

2.1.2 Autor: Ing. Bolívar H, Enyerberth J. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería de la UCV. Año 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”. Diseñar la secuencia de explotación para los yacimientos que conforman el Grupo Redondo del Distrito Ferrífero Piar para un periodo de largo plazo.

2.1.3 Autor: Ing. Arcelus S, José V. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería de la UCV. Año 2004. “Plan de explotación de la veta Hansa en la Mina Colombia, CVG Minerven. El Callao, Estado Bolívar”. Elaborar el plan de explotación para el aprovechamiento del mineral aurífero de la veta Hansa al norte del Dique Laguna, en el Nivel 2 de la Mina Colombia de la empresa CVG MINERVEN, para obtener una mayor recuperación de las reservas minerales de manera productiva, segura, eficiente y con mayor beneficio económico.

2.1.4 Autor: Ing. Moya B. Freddy J. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ingeniería de la UCV. Año 2015. “Verificación de la opción de producción más favorable a partir de diseños de explotación a largo plazo del frente 02, Cantera Carayaca ubicada en Tacagua, Distrito Capital”. Verificar la opción de producción más favorable a partir de diseños de explotación a largo plazo del frente 02, Cantera carayaca ubicada en Tacagua, Distrito Capital.

CAPITULO II
GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ubicación Geográfica

El Callao se encuentra ubicado en el estado Bolívar, municipio El Callao, Venezuela, aproximadamente a 285 km al Sur-Este de ciudad Bolívar, a 195km de Puerto Ordaz, a 17 km de Guasipati y a 40 km de Tumeremo.

La zona de exploración y operaciones se encuentra situada en el kilómetro 15 de la carretera nacional El Callao-El Manteco, mejor conocida como Sector EL Choco, específicamente en el área de Choco 10. Ver Figura N° 1

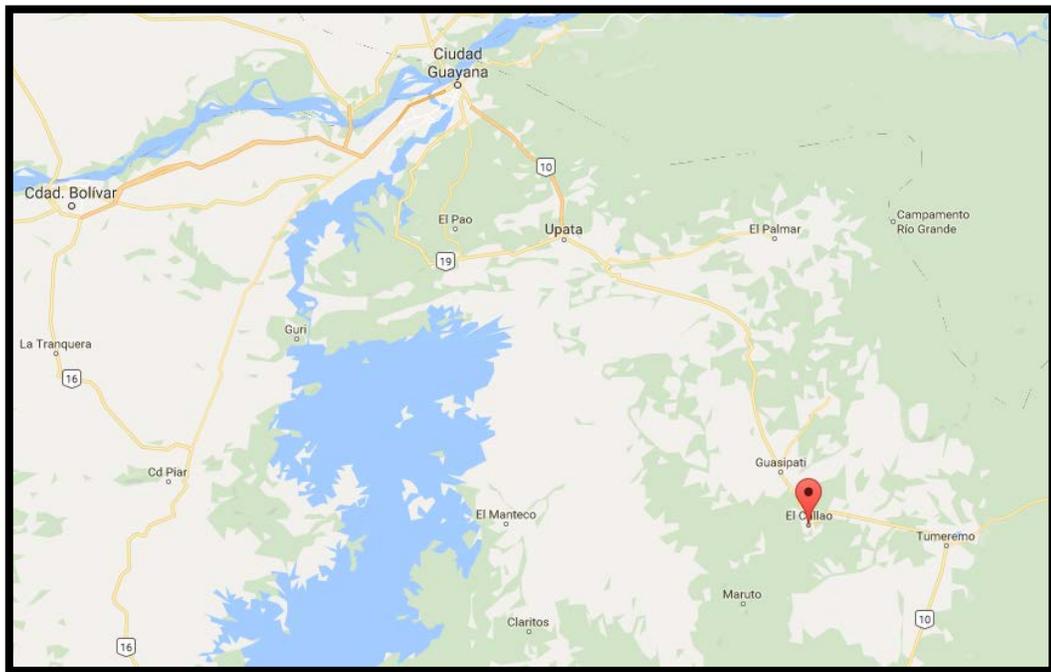


Figura 1 Ubicación geográfica. Fuente: Google Maps 2016

Ubicada al Oeste a unos 16 km de la población de El Callao en dirección a la población El Manteco, con un Azimut de 245° aproximadamente, y coordenadas UTM, referidas en la Tabla N° 1, ocupando de esta manera 4.249349 Has.

Tabla 1 Coordenadas UTM de la concesión Choco 10.

Norte	Este
N1: 617,000.00	E1: 807,250.00
N2: 617,000.00	E2: 809,500.00
N3: 615,000.00	E3: 809,500.00
N4: 615,000.00	E4: 807,500.00

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 2 se puede ver el seccionamiento de la concesión dada al bloque Guasipati-El Callao, siguiendo la normativa dada en la Ley de Minas de 1999

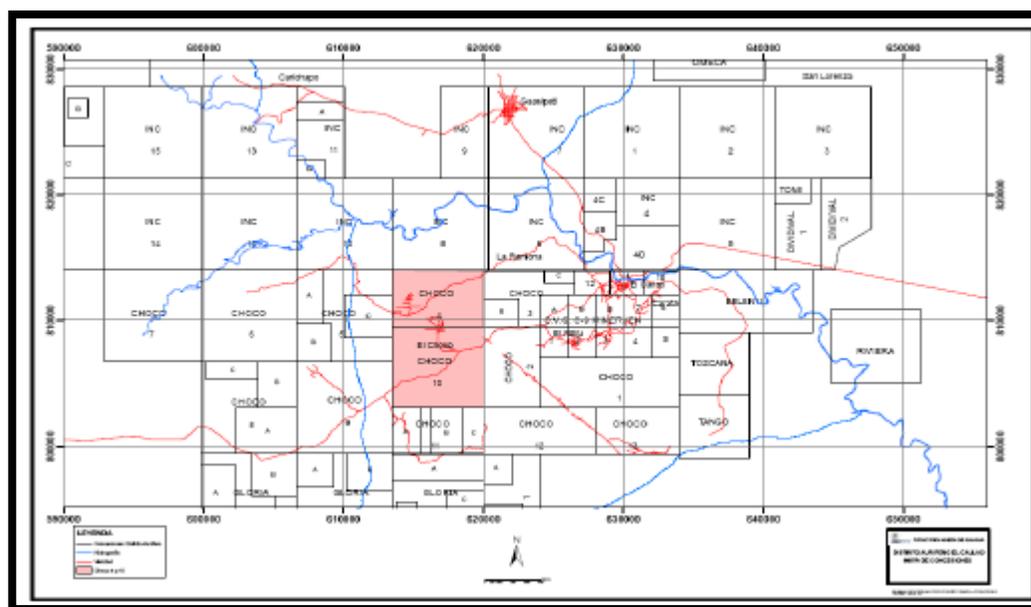


Figura 2 Concesiones mineras de la zona. Fuente: Unidad de geología P.M.G., S.A.2003

2.2.1.1 Acceso al área

Desde la población de El Callao hasta el campamento de exploración de Bloque Guasipati-El Callao y luego hasta la concesión Choco 10, donde se encuentra la planta procesadora, el acceso es vía terrestre por una carretera con una distancia

aproximada de 30 km; el camino es asfaltado, mientras que en la entrada a la concesión el camino es no asfaltado.

Es importante agregar que existe otra vía de comunicación con la concesión, la cual es a través de la vía La Ramona, siendo los primeros 10 Km asfaltados y los restantes 10 km aproximadamente esta sin pavimentar. En la Figura N° 3 se aprecian las diferentes vías de acceso de la población El Callao.

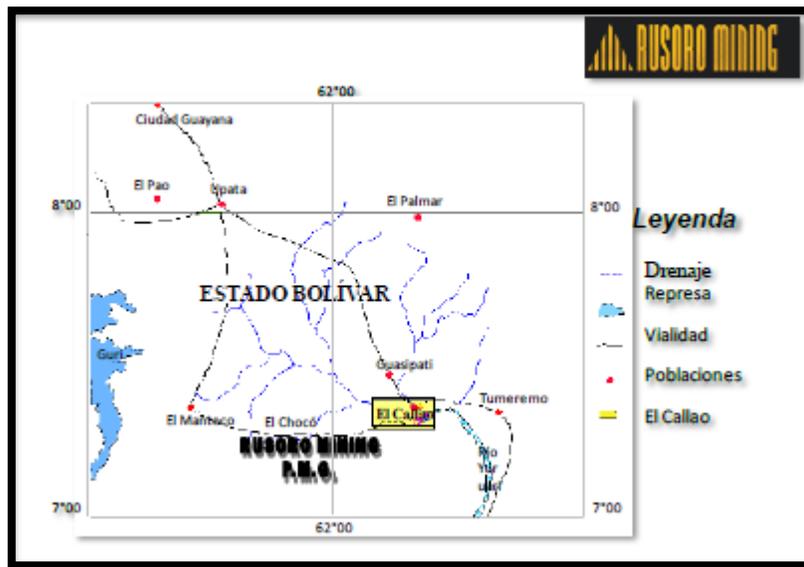


Figura 3 Localización y vías de acceso de la población de El Callao y de la concesión Choco 10 (C.V.G. Minerven, Unidad geológica, 2002).

2.2.1.2 Características Naturales

En la concesión El Choco 10 se puede distinguir un claro dominio espacial del paisaje lomerío, aproximadamente 99% (7.174 Has) de la superficie total, lo que determina una cierta monotonía topográfica, con altos valores de pendiente; mientras que el restante 1% (40 Has), corresponde al paisaje valluno donde predominan los valores de pendiente bajos y las geomorfos planas y semiplanas. Además, estas dos unidades intercalan los planos inclinados que forman parte integral del valle (Artigas 2011).

El paisaje de lomas no posee una homogeneidad absoluta, en razón de la distribución de las pendientes del terreno. En efecto, se puede diferenciar un tipo de loma con pendientes de media a baja, sobre divisorias de aguas localizada hacia los extremos noreste y noroeste del área, donde la altitud relativa es de 250msnm. Hacia el centro norte, se presenta un relieve más escarpado y de configuración masiva, con pendientes altas, mayores al 45%; igualmente sucede en ambas vertientes del Cerro El Purgual, en el extremo sur.

2.2.1.3 Clima

Según datos proporcionados por el INAMEH de la región Guayana, utilizando datos suministrados por la estación meteorológica Puente Blanco pertenecientes al Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas, ubicado según coordenadas geográficas: Latitud 7° 22' 07" y Longitud Oeste 61° 49' 41" con una altitud de 180 m.s.n.m; entre los años 1974-1985 C.V.G.TECMIN (1989), se conoce que las condiciones climáticas medias del área de estudio rondan las siguientes cifras:

- Precipitación Media Anual: 1050mm
- Evaporación Total Media Anual: 1743mm
- Temperatura Media Anual: 35,7°C
- Temperatura Media Mínima Anual: 21°C
- Temperatura Media Máxima Anual: 31,4°C

El clima es tropical de sabana arbolada (Clasificación Koeppen), con un período de lluvias comprendido entre los meses de abril a octubre.

2.2.1.4 Antecedentes de la empresa

La empresa Promotora Minera de Guayana P.M.G., S.A. (PMG) una Sociedad Mercantil constituida en Caracas a los 11 días del mes de mayo de 1988, PMG es arrendataria de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), por las concesiones mineras "Choco 4 y Choco 10" (las Concesiones), desde el 4 de febrero del 1994.

El 10 de mayo de 1993 Promotora Minera de Guayana inició sus actividades de exploración en el Choco 4 y Choco 10. Las concesiones, son de la clase primera, prevista en el Artículo 174 de la Ley de Minas de 1994, para la exploración y subsiguiente explotación de oro aluvión y veta de manganeso, niobio, tantalio, molibdeno, vanadio, cromo, níquel, cobalto, tungsteno, oro, cobre, zinc, plata y estaño. Las concesiones fueron otorgadas por el Ministerio de Energía y Minas (“MEM”) a la CVG en la fecha 10 de mayo del 1993, siendo los respectivos títulos mineros publicados en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4578 extraordinario de fecha 18 de mayo de 1993; y registrados ante la Oficina Subalterna de registro Público de Distrito Roscio del estado Bolívar en fecha 15 de abril de 2003 bajo los números 45 y 47, respectivamente, del Protocolo Primer Tomo I, Segundo Trimestre del 2003.

Las concesiones fueron arrendadas por CVG a el Bloque Guasipati-EL Callao por un lapso equivalente a aquel de la vigencia de las mismas y de sus posibles prórrogas, mediante documentos autenticados por ante la Notaria Publica Segunda de Puerto Ordaz, estado Bolívar bajo los números 07 y 09 respectivamente, Tomo 55 de los libros de autenticaciones de esa Notaria. Dichos contratos de arrendamiento fueron registrados ante la Oficina Subalterna de Registro Público del Distrito Roscio del Estado bolívar en fecha 15 de abril de 2003 bajo los números 44 y 45 respectivamente, del Protocolo Primero, Tomo I, Segundo Trimestre del 2003.

Un levantamiento geológico y geoquímico semi-detallado de los suelos reveló una gran anomalía aurífera ($>100\text{ppb Au}$) que se extendía por una superficie de aproximadamente 1.500 m x 1.500 m., teniendo como objetivo esta gran anomalía, inicio un programa de perforación con Aircore y HQ3.

Se realizaron más de 1.200 pozos, principalmente Aircore, con una profundidad vertical de 30 m. mediante dichas perforaciones se identifica la presencia de cuatro (4) zonas principales de mineralización en Choco 10, denominadas Coacia, Pisolita, Rosika Oeste y Rosika Este. Este espaciamiento inicial de las perforaciones fue una cuadrícula de 50m x 50m de longitud, seguida de perforaciones con malla reducida de 50m x 25m y 25m x 25m. Las pruebas de validación en Coacia y Pisolita se hicieron

con un espaciamiento de 12,5m x 12,5m. En total se hicieron alrededor de 50.000m de perforaciones exploratorias.

Cabe destacar, que en la zona de El Callao, estado Bolívar se ubican varias operaciones minerales a nivel industrial, tanto de extracción como de procesamiento del mineral aurífero. Además de ellas, existen innumerables operaciones pequeñas explotadas por “mineros artesanales”, junto con aproximadamente 30 pequeñas plantas por gravedad, que actualmente el Gobierno Nacional representado por la figura de C.V.G Minerven y su Departamento de Pequeña Minería trata de controlar. La minería es una actividad históricamente arraigada en la zona, por lo que las áreas correspondidas a Choco 4 y Choco 10 no escaparon de las invasiones y afectaciones producto de las actividades desarrolladas por los mineros artesanales, que dejan en el área fuertes impactos sobre los recursos hídricos y ecosistema. (Ambioconsult ,2003).

El 8 de julio del año 2003 Bolívar Gold Corp (BGC) compró Promotora Minera de Guayana, culminan sus estudios de factibilidad e inician proceso de construcción de la planta. En mayo del 2005 Gold Field Limited se convirtió en el accionista mayoritario y la planta inicia sus operaciones. Russoro Mining compra P.M.G en el año 2007. Posteriormente en el año 2011 Hugo Chávez, mediante Punto de Cuenta al Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas y Minería (MPPIBM) N° 031/11 Orinoco, creó la Corporación Venezolana de la Minería – CVM.

En noviembre de 2011 surge el Decreto con Rango, Valor y Fuerza de la Ley Orgánica, que reserva al Estado las actividades de exploración y explotación del Oro, así como las conexas y auxiliares a éstas, Decreto Ley N° 8.413; y su última modificación fue publicada en Gaceta Oficial N° 60.063, de fecha 15/11/2011.

Durante el mes de marzo del año 2012 El Estado Venezolano bajo la figura de MINERVEN toma las operaciones del Choco 4-10 (antigua PMG).

En la actualidad el Bloque Guasipati-El Callao, realiza actividades de explotación y procesamiento de oro a través del proyecto “Desarrollo Minero Choco 4 y Choco 10”, conformado por siete (7) unidades de apoyo, mencionadas a continuación: Planta de producción, Reservorio de Aguas, Laguna de Colas, Área de Minas, Escombrera, Infraestructura de apoyo y Línea de transmisión. La planta de

procesamiento tiene una capacidad para procesar 6.000 toneladas/diarias, alimentada con material extraído de las minas Pisolita, Coacia y Rosika y actualmente arena de minas aluvionales provenientes de fuentes externas pero a su vez pertenecientes al grupo.

2.2.1.5 Misión

Intensificar las oportunidades en Venezuela, para aumentar aún más las posibilidades de negocios, haciendo de la organización la más efectiva en cuanto a liderazgo y la empresa de menor costo dentro de la industria minera.

2.2.1.6. Visión

Producir oro de forma eficiente, explotando racionalmente los yacimientos auríferos, con la utilización de tecnologías de alto nivel para proteger la salud de los trabajadores, comunidad y medio ambiente, propiciando la diversificación y desarrollo del poderío económico nacional mediante las ventas de oro al Banco Central de Venezuela.

2.2.1.7 Estructura de mando en Gerencia de Minas

A continuación se muestra un organigrama en la Figura N° 4 el cual representa la jerarquía dentro de la empresa Bloque Guasipati-El Callao. Este abarca todos los distintos departamentos encargados del control y extracción del mineral en las distintas fosas.

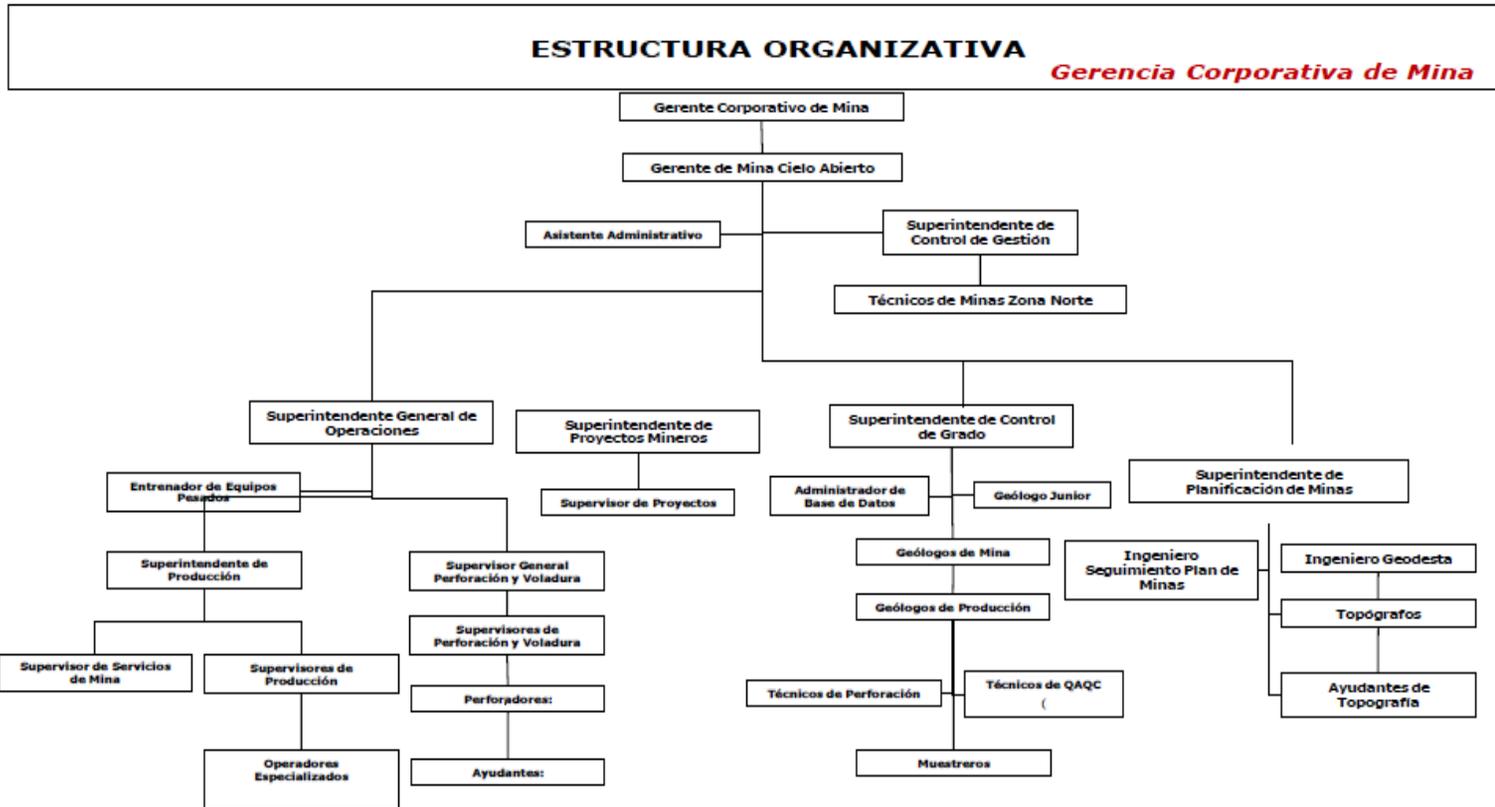


Figura 4 Organigrama de unidad de minas Bloque Guasipati-El Callao

Fuente: Gerencia de Mina Bloque Guasipati-EL Callao.

Estructura de Trabajo

La estructura de trabajo es una serie de pasos organizados de tal manera que los objetivos de la empresa sean alcanzados sin perturbar la visión y valores de la misma. La estructura de trabajo es un proceso que se realiza constantemente para darle vida a la explotación, se puede apreciar en la Figura N° 5.

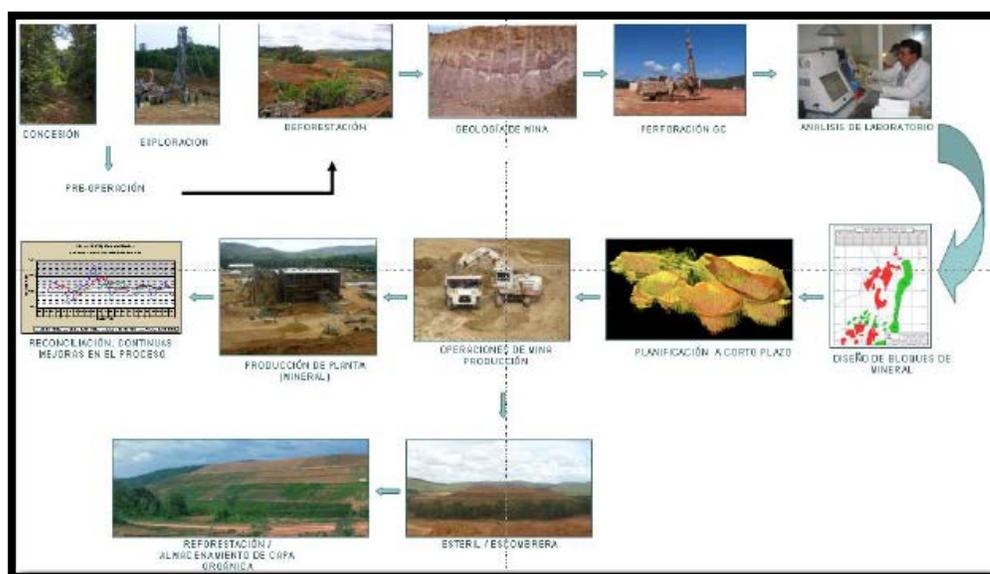


Figura 5 Estructura de trabajo Bloque Guasipati-El Callao. Fuente: Gerencia de Mina Bloque Guasipati-EL Callao

Concesión y permisología. Departamento de relaciones públicas Bloque Guasipati-El Callao

Es el Departamento que se encarga en tramitar los diferentes documentos necesarios para la obtención y mantenimiento de las concesiones y permisos de explotación. Además de encargarse de mantener las concesiones, tramitan todos los permisos necesarios (aquellos sobre explotación, sanitarios, almacenamiento y uso de

explosivos, almacenamiento y uso de químicos, entre otros) para que el proceso de exploración, extracción y procesamiento se mantenga activo.

Rigiéndose según la Ley de Minas de 1999, se encargan de ejecutar el pago de impuestos por arrendamiento, explotación y de generar los diferentes informes a entregar en los entes gubernamentales.

Exploración

El Departamento de Exploración se encarga de la búsqueda, definición y modelamiento de los recursos minerales en las concesiones pertenecientes a la empresa.

La búsqueda de recursos se establece mediante análisis aéreo con el fin de encontrar las anomalías magnéticas presentes. Una vez ubicadas las anomalías se procede a la ejecución análisis geoquímicos y de perforaciones que pueden ser tanto diamantinas como de aire reverso. Las perforaciones se realizan inicialmente con una malla de 100x100 con profundidades de hasta 600m que se cierran en mallas en las zonas de interés de 50x50 y de 25x25.

El Departamento de Exploración es el encargado de elaborar el modelo de recursos en base al cual trabaja la planificación a largo plazo.

Deforestación

La deforestación se cumple una vez el Departamento de Planificación haya definido las zonas a utilizar y se ejecuta mediante el contrato de cooperativas.

El proceso de deforestación debe tomar en cuenta las maderas aprovechables que se encuentren en el bosque, por ello se miden los árboles y todos aquellos cuyo diámetro sea mayor a 25 cm se deben tumbar, rolar y almacenar para que luego el Ministerio de Ambiente disponga de la madera. El resto del bosque y los primeros 25 cm de suelos son removidos mediante tractores para ser depositados en patios de stock para su futura reutilización.

Geología de Mina

Con el fin de agregar un mayor detalle a los modelos de reservas, el Departamento de Geología de Mina se encarga de dirigir la recolección de muestras a través del método Grade-Control (Control de Tenores) y digitalizar los bloques minerales con la herramienta informática denominada “Datamine ®”.

Perforación y Grade-Control

El “*Grade-Control*” o control de tenores busca diferenciar eficientemente el mineral que se encuentra sobre la ley de corte y aquellas que se encuentre por debajo de esta (considerado como estéril). El “*Grade-Control*” se lleva a cabo mediante perforaciones con un equipo roto percutor de martillo en cabeza el cual impulsa aire en reversa y facilita la toma de muestras.

Cada metro se consigue una muestra, la cual se cuartea para obtener una muestra representativa de aproximadamente 2kg la cual es enviada al laboratorio para consumir los análisis que luego se detallarán; de cada muestra el geólogo encargado debe cometer un estudio mineralógico donde se describa las diferentes características que presente la muestra, entre ellas el estado de alteración (meteorización), contenido de pirita, contenido de cuarzo y minerales constituyentes.

Análisis de laboratorio

Las muestras tomadas en el proceso de “*Grade-Control*” son analizadas mediante ensayos piro-metalúrgicos para determinar su contenido en oro (tenor) y para las muestras que muestran un alto tenor, se cumplen ensayos gravimétricos para detallar un poco más la información acerca de la roca o mineral contenedor.

Diseño de Bloques de Mineral

Una vez recopilada la información proveniente de cada perforación y de los análisis finalizados en el laboratorio, se proviene a la creación de un archivo de pozos con el cual se procede a realizar la interpretación geológica de las estructuras y cuerpos mineralizados para definir la forma y los límites de los mismos, los cuales se representan en un modelo en 3D. Los sólidos obtenidos se rellenan utilizando un modelo de bloques, a partir del cual se diseñan los bloques minerales; con el proceso “*Grade-Control*” se mejora la predicción del tonelaje y de los tenores a excavar lo cual facilita y mejora la planificación.

Planificación a Corto Plazo

La planificación a corto plazo se encarga de diseñar las secuencias de explotación en las distintas fosas de la mina con el objetivo de garantizar un flujo constante a la planta o almacenar en patios un tonelaje de mineral con un tenor determinado. Para ello trabajan con el modelo de recursos desarrollado en la etapa anterior y el software Datamine para la generación de los diseños que deberán seguir las distintas operaciones de minas para cumplir las metas exigidas.

Operaciones de Mina/Producción

El Departamento de Operaciones de Mina es el encargado de distribuir los equipos en los distintos frentes de la mina buscando el mejor y mayor uso de la disponibilidad física de los equipos.

Las operaciones de mina se pueden separar en dos grupos con objetivos bien definidos, producción y auxiliares que se describen a continuación:

Producción: es el grupo encargado del desarrollo de la mina mediante la continua extracción de estéril y mena. El grupo de producción comprende las actividades de perforación y voladura más carga y acarreo.

Las actividades de carga se practican con palas frontales y retroexcavadoras; el proceso de acarreo mediante camiones; la perforación con perforadoras rotopercuradoras con martillo en cabeza y la voladura con carga a granel.

Auxiliares: es el grupo encargado de mantener la continuidad de la producción manteniendo en buen estado las vías, drenajes, canales, señalizaciones entre otras actividades dentro de su competencia en áreas de la mina.

Las actividades auxiliares se realizan con un conjunto de equipos entre los cuales se pueden citar motoniveladoras, tractores, pala frontales entre otros.

Producción de planta

En la planta de concentración de la empresa Promotora Minera de Guayana, se realiza un proceso de carbón activado (CIP) con carbón en pulpa para consumir la recuperación del oro a partir del mineral. Para lograr la concentración se utiliza un proceso de conminución que implica una trituradora de mandíbula y dos molinos (un molino de bolas y uno semi-autógeno con bolas) en los cuales comienza la adición del cianuro necesario para el proceso de lixiviación.

El proceso de lixiviación se lleva a cabo en 6 tanques (ver Figura N°6) en los cuales la pulpa se encuentra en constante movimiento y adición de oxígeno para acelerar dicho proceso; luego la pulpa pasa a 7 tanques donde se busca entrar en contacto con el carbón. El carbón se encarga de recolectar las partículas de oro disueltas en la pulpa que luego serán lavadas en un medio ácido; el líquido resultante de este proceso será expuesto a unas celdas electrolíticas donde se finaliza la concentración antes de pasar al proceso de fundición.

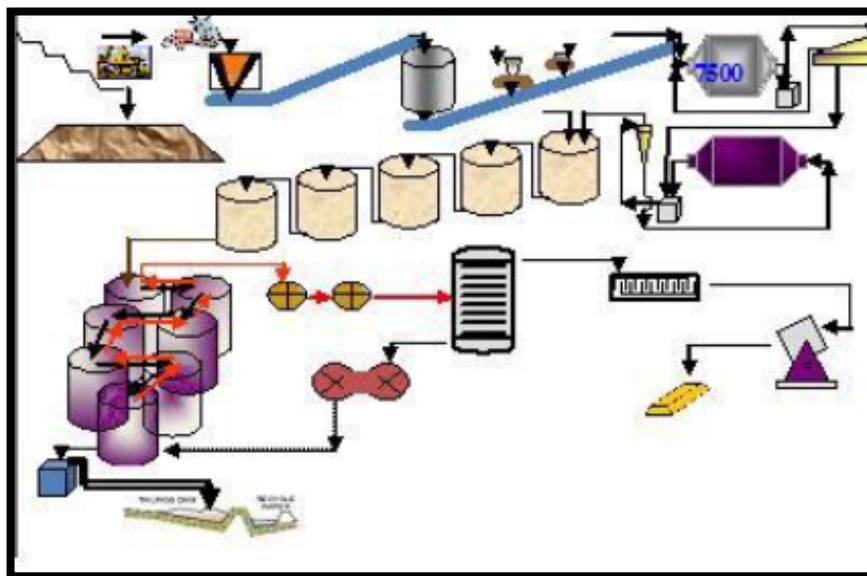


Figura 6 Esquema del proceso de Planta (Departamento de relaciones públicas Bloque Guasipati-El Callao).

Reconciliación Continua

El proceso de reconciliación, facilita controlar la calidad de la información en los diferentes niveles y etapas del proceso productivo, examinando desde el modelo de recurso a mina, de mina a planta, de fundición o refinería hasta las ventas finales.

El proceso de reconciliación ayuda a medir el beneficio de cada etapa o ciclo mostrando que áreas necesitan mejoras y permite la evaluación de cada optimización realizada, la continua data generada aumenta la precisión de los pronósticos realizados al momento de plantear los objetivos y los alcances en el tiempo.

Un sistema de reconciliación en la empresa se inicia en marzo de 2006 con la finalidad de recolectar datos que permitan la medición del rendimiento a través de los recursos en los procesos de molino de las minas. Al medir el desempeño de cada etapa en el ciclo, las áreas que requieren mejoras se pueden identificar y optimizar. Los riesgos pueden reducirse mediante retroalimentación de los 39 resultados de la reconciliación en los modelos de recursos para mejorar la confianza en las predicciones.

Escombreras

Todo mineral que incumple con el tenor de corte es enviado a espacio destinado a las escombreras, en las cuales se dispone del mismo tratando de conformar una pila que simule la forma de una montaña. Las escombreras siguen distintos diseños de construcción basados en el mejor aprovechamiento del espacio, la distancia de acarreo, la calidad del suelo sobre la cual se va a depositar el material y el ángulo de reposo del mismo.

En la empresa se pueden observar escombreras con un ángulo de reposo de 60° con vías de inclinación de 8° y 10 a 30 metros de ancho (según sean las dimensiones del equipo de carga que va a transitar en ellas) creadas bajo el método de vertido interno para ser luego vaciado por los taludes con un tractor.

Reforestación y almacenamiento de capa orgánica

La reforestación se perpetra en base a planes quinquenales que buscan una recuperación anual próxima a 10 hectáreas de diversas zonas de la mina.

La empresa posee un vivero en el cual se cultivan especies autóctonas de rápida adaptación a los medios en cuales van a ser expuestas. Entre esas especies tenemos Cartan, Araguaney, Caru Caru, Ceiba, Samán y Lucadema entre otros (las especies nombradas tienen las características de nutrir la capa orgánica con elementos nitrados que enriquecen y propician las características de suelo).

La reforestación comienza con un reacondicionamiento de la zona a recuperar para luego colocar la capa orgánica y plantar las especies cultivadas en el vivero. Tres meses después se desarrolla un análisis de supervivencias que permite evaluar las plantaciones cumplidas anteriormente y realizar, en caso de que sea necesario, una replantación de las especies; la reforestación culmina con una serie de tratamientos silvoculturales que garanticen el crecimiento de la flora dentro de las áreas a recuperar.

El almacenamiento de la capa orgánica se cumple en las zonas de fácil acceso previamente estudiadas y demostrada la ausencia de mineral aprovechable con una topografía adecuada y próxima a la futura zona de recolocación.

2.2.4 Diseño de Mina

Durante el proceso de diseño de una mina a cielo abierto existen varios aspectos geométricos que van de la mano con un trasfondo geotécnico y económico, que determinarán la aplicación de un diseño u otro para así maximizar la producción, seguridad y minimizar el impacto ambiental. Se consideran parámetros operativos como: perforación y voladura así como el manejo de estéril y mineral. Cada operación requiere de diseños específicos, enmarcados dentro de los límites de la explotación los cuales se resumen en: largo, ancho, profundidad de la fosa y altura del banco.

2.2.5 Límites de la explotación a cielo abierto

Para una mejor delimitación de las áreas a explotar así como una iniciativa para mejorar la comunicación entre el Departamento de Ingeniería y el equipo supervisores de mina, la concesión de Choco 10 fue dividida en secciones horizontales con un ancho de 50 metros y tan largas como la concesión. A su vez los sectores fueron numerados de forma tal que la concesión quede separada en tres parcelas: Norte (N), Media (S) y Sur (-S). Dicha división a la que nos referimos se puede observar en la Figura N°7

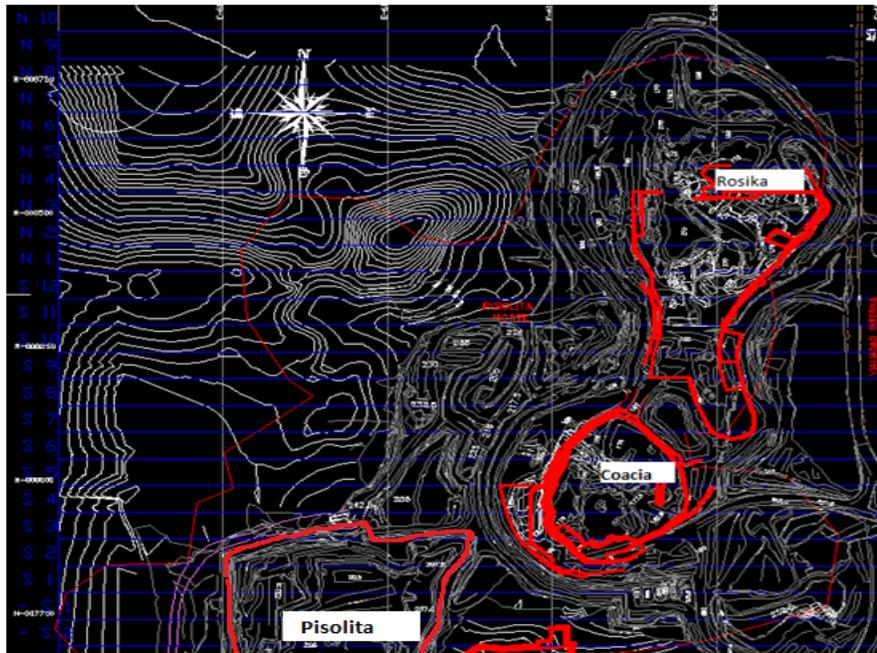


Figura 7 Seccionamiento de la concesión Choco 10 en parcelas paralelas (Gerencia de Ingeniería de Minas Bloque Guasipati-El Callao).

Existen tres fosas relevantes en la explotación efectuada en Choco 10: Rosika, Coacia y Pisolita, visibles las dos primeras en la Figura N° 8

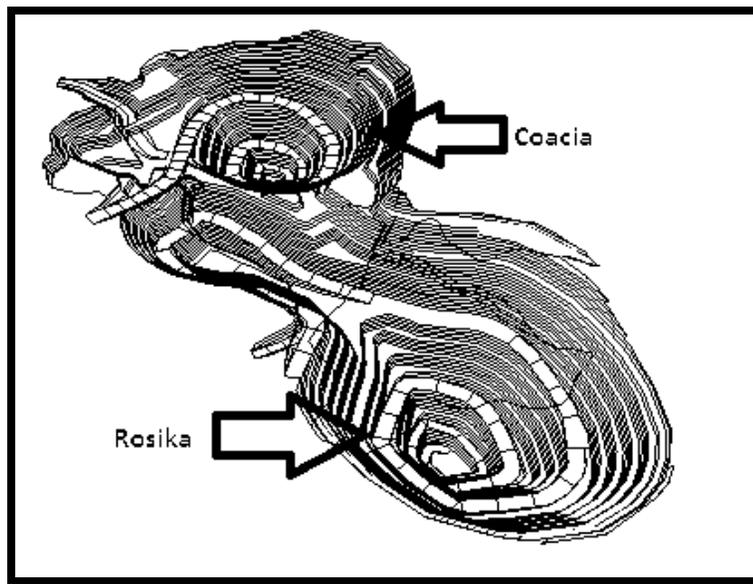


Figura 8 Diseño final de Rosika y Coacia (Bloque Guasipati-El Callao)

2.2.6 Diseño de Taludes

La información geotécnica recabada determina que en las fosas de Rosika y Coacia los parámetros utilizados para el diseño de taludes y fosa final serán aquellos mostrados en la tabla N°2

Tabla 2 Especificaciones para el diseño de taludes en Rosika y Coacia

Altura del banco por encima del nivel 180 (m)	10
Altura del banco por debajo del nivel 180 (m)	20
Ángulo de talud	55°
Ángulo de talud final	65°

Fuente: Gerencia de Ingenieria de Minas, Bloque Guasipati-El Callao 2016

2.2.4 Operaciones Unitarias

Las operaciones unitarias desarrolladas dentro de la mina Choco 10 están separadas de manera básica en arranque, carga y acarreo. Existen variaciones de cómo debe ser el arranque dependiendo del área a trabajar ya que algunas características en la geología permiten el arranque directo en zonas donde el mineral se encuentra oxidado, en el restante de los casos se emplea un arranque indirecto por perforación y voladura, El proceso esta resumido en la Figura N° 9.

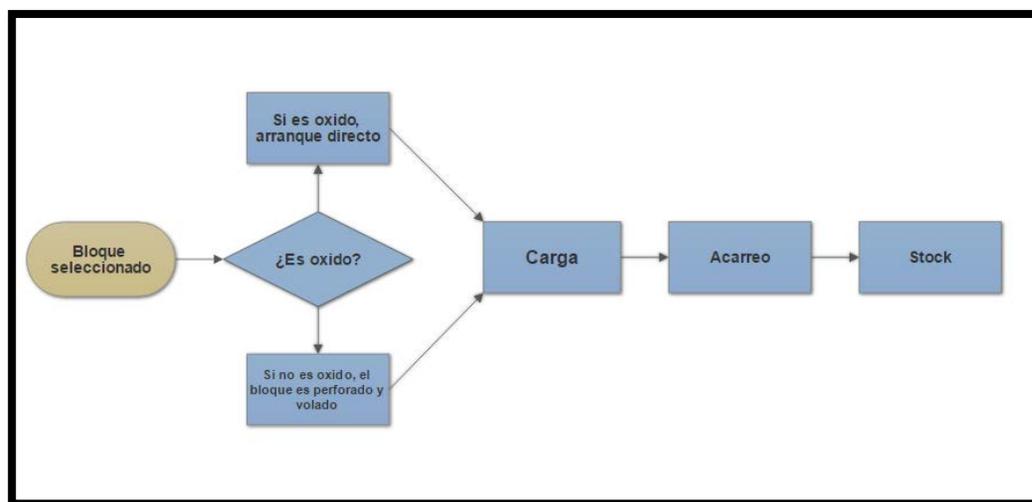


Figura 9 Flujograma de las Operaciones Unitarias. Elaboración propia

2.2.4.1 Arranque

El arranque es ejecutado mediante perforación y voladura cuando el material a extraer no se encuentra en la categoría de óxido, es decir aquellos sectores cuyo mineral es transicional o en calidad de roca. Según estudios técnicos previos hechos por la empresa *Russoro Mining* las características de la perforación de barrenos, así como su ubicación en la malla para la fragmentación ideal de la roca es la siguiente que se muestra en la tabla N°3:

Tabla 3 Especificaciones del patrón de voladura

Diámetro (pulgadas)	6,5
Perforación (m)	10
Sobre perforación (m)	1
Retiro (m)	4,5
Espaciamiento (m)	4,5

Fuente: Gerencia de Ingeniería de Minas, Bloque Guasipati-El Callao 2016

En la mina Choco 10 se tiene en circulación una perforadora modelo Atlas Copco CM785, con un taladro con diámetros adaptables que varían desde los 4,3 hasta 6,5 pulgadas, posee una efectividad en la perforación que puede llegar a los 9.302 metros mensuales.

El explosivo con el que son cargados los barrenos mediante el empleo de un camión de explosivos es en su totalidad emulsión, esto debido a que las necesidades para el proceso extractivo del oro requieren garantizar una mayor fragmentación y con el uso de solo emulsión los costos asociados a la trituración y molienda disminuyen considerablemente a lo largo del tiempo.

En caso de ser mineral clasificado como óxido el arranque se realizará con una retroexcavadora Komatsu 1250.

2.2.4.2 Carga

Según Piña, Silva y colaboradores (2015) “la «Operación Unitaria de Carga» es una de las más complejas de todo el sistema y de los espacios operativos mineros, su efectividad depende de muchos factores controlables y no controlables. El éxito de esta operación unitaria depende en muy buena parte de una adecuada operación de arranque”. El proceso de carga una vez volado el material es cumplido por una retroexcavadora Komatsu 1250, la cual tiene una capacidad máxima de balde de 6.2 m³ así como una amplitud de barrido entre la profundidad máxima y la altura máxima efectiva de 22,3m (9,3 y 13m respectivamente), lo cual permite un desempeño óptimo en la altura de banco utilizada en Choco 10. El proceso de carga se ejecuta en sobre-banco (ver Figura N°10), optimizando así el uso del espacio operativo y permitiendo una mayor maniobrabilidad para los equipos de acarreo. Con una capacidad mensual de 233.128 mcb, la capacidad de carga actual satisface las necesidades de alimentación de la planta de tratamiento.



Figura 10 Proceso de carga sobre banco .Fuente: CODELCO mining dictionary.

2.2.4.3 Acarreo

Actualmente se tiene en circulación 4 camiones Terex con capacidad de 100 toneladas (32 m³), estos cumplen un circuito de acarreo desde el frente de pala hasta los patios de stock que ronda los 2,8 km, promediando un tiempo de 18 minutos por viaje según datos arrojados por la Gerencia de Mina.

2.2.2 Geología Regional

El escudo de Guayana se encuentra al sur del río Orinoco y ocupa aproximadamente 50% de la superficie de Venezuela con rocas antiguas (granulitas y charnockitas del complejo de Imataca) y tan jóvenes como las kimberlitas y eclogitas de Guaniamo, que se registran en buena parte de la evolución geotectónica similar a la de otros escudos precámbricos en el mundo.

El escudo de Guayana se divide en cuatro provincias geológicas, Imataca, Carichapo-Pastora, Cuchivero y Roraima (ilustración), éstas forman parte del Cratón Amazónico el cual se extiende por las Guayanas, Colombia, el Norte de Brasil y Bolivia.

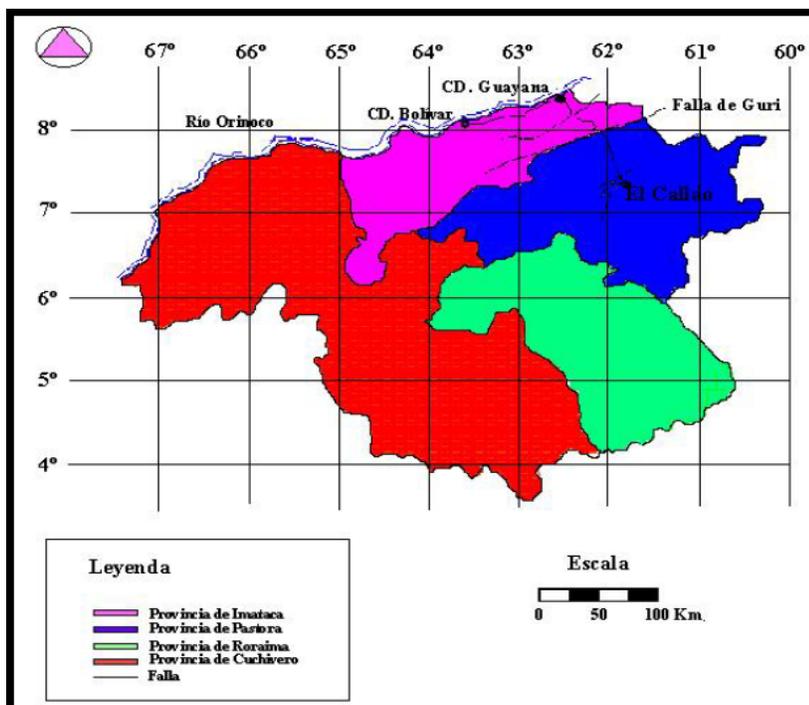


Figura 11 Provincias geológicas de Guayana .Fuente: Departamento de Geología CVG Minerven.

2.2.2.1 Provincia de Imataca

Se extiende desde las proximidades del río Caura hasta el delta del Orinoco y en dirección NW-SE desde el curso del Rio Orinoco hasta la falla del Gurí por unos 80 km. Posee una litología profundamente metamorforizada, y pertenece en general a las subfacies de granulita hornablendica de las facies granulíticas (Chase 1965). Formada por gneises graníticos y granulitas félsicas, anfibolitas, granulitas máficas y ultramáficas con presencias menores de formaciones bandeadas de hierro (BIF), con litologías secundarias de cuarcita, caliza, dolomita, charnockitas, granitos intrusivos y remanentes del metamorfismo (Sidder y otros ,1991).

2.2.2.2 Provincia de Cuchivero – Amazonas

Denomina a un grupo de rocas intrusivas a volcánicas calcoalcalinas félsicas y rocas sedimentarias que intrusionaron y se depositaron sobre el basamento de CRV y

granitos sódicos asociados. Esta provincia del Paleoproterozoico tardío a Mesoproterozoico incluye rocas volcánicas riolíticas y asociadas, comagmáticas con granitos calcoalcalinos del grupo Cuchivero; areniscas conglomerados, limolitas, tobas y lutitas del grupo Roraima; Stocks de rocas diabásicas-granodioríticas cuarcíferas de la asociación Avanadero y el grupo Rapakivi de El Parguaza y rocas de complejos alcalinos como el de la Churuata, así como intrusiones de carbonatitas de Cerro Impacto, lamprófiros y kimberlitas eclogitas de Guaniamo. La provincia se extiende desde la parte más occidental del estado Bolívar hasta la el sur-suroeste del estado Amazonas (Mendoza, 1974)

2.2.2.3 Provincia de Roraima

Se extiende desde los límites del parque nacional Canaima en el km 95, cerca de la piedra de la Virgen, hasta Santa Elena de Uairén en dirección NS y desde el Río Venamo hasta las proximidades del Río Paraguaná. Está compuesta por rocas del grupo Roraima con diabasas y rocas gabronoríticas cuarcíferas a dioríticas cuarcíferas de la asociación Avanadero. Las rocas de esta provincia no presentan un marcado tectonismo (sinclinales suaves muy abiertos y de muy bajo buzamiento) con algún fallamiento, incluso fallas de arrastre como en el Tepuy de Parú, frente a Kakuri, alto Ventauri en el Estado Amazonas, relacionados con la orogenia Nickeriana y a levantamientos epirogénicos.

2.2.2.4 Provincia de Carichapo-Pastora

Se extiende desde la falla del Guri al Norte hasta las proximidades del parque nacional Canaima al sur (km 95), por el Este hasta los límites con la zona en reclamación del Esequibo y al Oeste con el Río Caura.

La Pastora también llamada como la provincia del oro, está formada por Cinturones de Rocas Verdes (CRV) delgados, antiguos y tectonizados, tipo, Carichapo y CRV más anchos, jóvenes y menos tectonizados tipo Botanamo, y por

complejos graníticos sódico como el Complejo de Supamo, siendo toda la secuencia intrusionada por granitos potásicos dioritas y rocas gabroides con escasos y no bien definidos complejos máficos, ultra máficos, ofiolíticos o no, intrusiones y sills de diabasas y rocas asociadas norítico-gabroides (Salazar y otros, 1989). La zona ubicada en el sector Guasipati–El Callao, donde aflora una buena sección del Supergrupo Pastora, antiguo CRV, compuesto por el grupo Carichapo y la formación Yuruarí.

2.2.2.5 Grupo Carichapo

El Grupo Carichapo está formado por las formaciones Cicapra predominantemente komatítica, la formación Florinda, Basáltico tholeítica a komatítica y la formación El Callao, generalmente basáltico-andesítica (basandesitas) tholeíticas. La provincia de Pastora o provincia del oro está formada por cinturones de rocas verdes (CVR), delgados, más antiguos, compuestos por Carichapo y CVR, más anchos, jóvenes menos tectonizados y metamorfizados tipo Botanamo (ver Tabla N° 4). El grupo Carichapo está constituido por las formaciones Cicapra, predominantemente komatítica, Florinda, basalto tholeítica a komatítica y El Callao, típicamente basalto-andesítica (“basandesitas”) tholeíticas.

Tabla 4 Características litológicas de la provincia de Pastora.

		Unidad	Descripción Litológica	
Provincia geológica de Pastora	Grupo Botanamo	Formación Supamo	Rocas graníticas sódicas: Cuarzo-dioritas, granodioritas, trondjemitas y además, paragénesis y migmatitas.	
		Formación Los Caribes	Secuencia de rocas metamórficas: filitas, meta areniscas rojas y meta conglomerados polimígticos, intercalados con lavas y brechas piroclásticas ácidas.	
		Formación Caballape	Rocas epiclásticas volcánicas (limonitas, grauvaca y conglomerados) 80%, y piroclásticas (tobas y brechas) 20 %, flujos de andesitas y dacitas intercaladas.	
	Supergrupo Pastora	Grupo Carichapo	Formación Yuruarí	Rocas epiclásticas (filitas, esquistos, meta limonitas y meta areniscas) Localmente: brechas tobáceas y lavas dacíticas, metamorfismo regional, facies de los esquistos verdes y localmente. Lavas tholeíticas normales a ferruginosas
			Formación El Callao	Metaladas basálticas a andesíticas, afectadas por metamorfismo regional, facies de los esquistos verdes a las facies de las anfibolitas localmente. Lavas tholeíticas normales a ferruginosas.
			Formación Florinda	Metalavas tholeíticas normales o magnesianas y menores cantidades de komatíticas, como esquistos talco-carbonáticos.
			Formación Cicapra	80% de los esquistos anfibólico-epidótico-albíticos, afectados por metamorfismo regional facies de los esquistos verdes. Transformados en anfibolitas localmente, basaltos komatíticos en menor proporción.

Fuente: Guilloux, 1997

2.2.3 Geología Local

El proyecto Choco 10 está ubicado geológicamente entre una secuencia estratigráfica supra-crusal, de edad Proterozoica inferior a media, con tendencia Este-Noreste constituida predominantemente por las formaciones El Callao y Cicapra, estas últimas interesadas por intrusiones de sills gabricos. La relación estratigráfica entre estas formaciones no está clara, pueden ser contemporáneas o tal vez Cicapra está un poco más tardía que El Callao. La estratigrafía generalmente aceptada para el Distrito de El Callao (Artigas 2011), desde la formación más vieja hasta la más joven, o desde la más primitiva hasta la más reciente está reflejada en la Tabla N° 5.

Tabla 5 Estratigrafía del distrito El Callao

Formación El Callao	Flujos y almohadillas basálticas-andesíticas (probablemente toleíticos), tobas, chart, jaspe y anfibolitas de grano fino.
Formación Cicapra	Tobas y brechas metamórficas andesíticas (posiblemente calco-alcalinas) y epiclásticas asociadas, anfibolitas y chert.
Formación Yuruarí	Filitas, esquistos cloríticos y sericíticos, meta-sedimentos feldespáticos, flujos andesíticos - dacíticos, tobas, brechas y chert.
Formación Caballaje	Greywacke y conglomerados volcánicos, tobas andesíticas, dacíticas y brechas.

Fuente: Unidad geológica de Minerven 2002

Sobre dichas unidades hay intrusiones graníticas, cuarzo-monzoníticas y trondjemíticas del complejo Supamo, además de sills y diques diabásicos y diques gábricos.

Los tipos de roca representativos comprende generalmente vulcanitas (flujos masivos y basaltos almohadillados) máficas tholeíticas metamorfizadas en facies a Prenita-Pumpelita (metamorfismo de grado muy bajo) hasta raramente Esquistos Verdes, volcánicas y vulcanoclásticas (tobas y aglomerados andesíticos y dacíticos)

calcoalcalinas de composición intermedia hasta félsica y sedimentos químicos (*chert*) y epiclástico (greywacke, limonitas y filitas). Estas rocas han sido interesadas por intrusiones de diques máficos (diabasa y gabro) y secundariamente félsicos (pórfidos cuarzo-feldespáticos). Unas rocas intrusivas máficas pueden ser contemporáneas de la formación supra-crustales, otras pueden ser, desde observaciones de campo, de edad claramente más joven.

Los depósitos de Rosika y Coacia están conformados por las unidades litológicas que pertenecen al mismo ambiente geológico, lo que la hace diferente es la alteración y la mineralización la cual ocurren en zonas diferentes, como se muestra ilustrado en la Figura N°12

El área de Rosika se encuentra ubicado al norte de la concesión Choco 10 y el área de Coacia se ubica al Sur de Rosika. Están litológicamente definidas de base a tope por una unidad de flujos basálticos teícticos constituidos principalmente por unidades de flujos almohadillados (MB), con brecha , auto-brechas derivadas por rocas basálticas e intercalaciones de rocas volcanoclásticas máficas y basaltos fracturados in situ. Hacia el tope en contacto tectónico se encuentran rocas volcanoclásticas tholeíticas generalmente conformadas por conglomerados y brechas caóticas como flujos sin-sedimentarios o epiclásticos, consecuentes al apilamiento de unidades de flujo de basalto, presencia local de areniscas arcósicas de composición basáltica, las cuales puede representar facies distales de deposición similar (Basaltos inter-estratificados en Rosika). El contacto superior (con el SN) es gradacional y dos tipos de roca ocurren intercalados en la secuencia calcoalcalina, Volcanoclasticas calcoalcalinas de grano fino a medio de composición andesítico-dacítica. Por último el cuerpo intrusivo de gabro (GB) que cubre la secuencia de Rosika-Coacia, generalmente, de grano grueso en el centro de la unidad intrusiva a grano fino hacia el extremo.

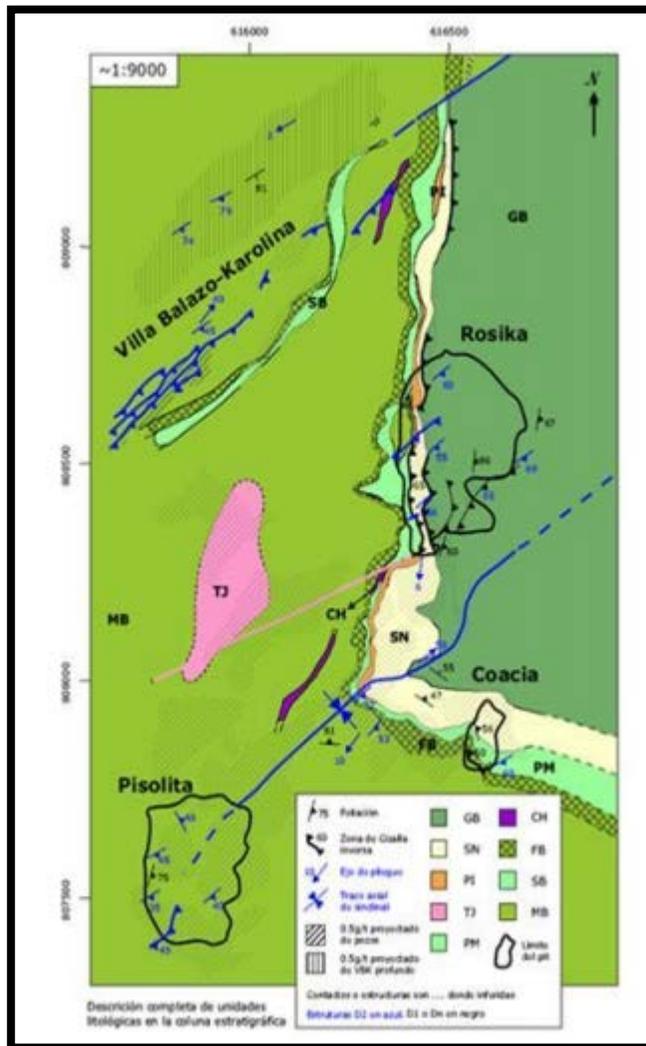


Figura 12 Ubicación de los depósitos pertenecientes a la concesión Choco 10 .Fuente: Unidad de Geología P.M.G., S.A .2003.

El sector Pisolita, situado al suroeste de Rosika, se encuentra compuesto por flujos basálticos toleíticos constituidos principalmente por unidades de flujos almohadillados, brechas haloclásticas, auto-brechas, tobas intermedias y volcanoclásticas máficas y basaltos almohadillados hacia la base de la unidad. (Ver Figura N° 13).



Figura 13 Columna estratigráfica del proyecto Choco 10. Fuente: Unidad de Geología P.M.G., S.A. 2003.

2.2.3.1 El Supergrupo Pastora

Constituye la secuencia supracortical en el CRV de Guasipati-El Callao, está representada por una unidad de rocas volcánicas esencialmente máficas en su parte inferior y por una unidad de rocas volcánicas félsicas y sedimentarias asociadas, en su parte superior. La unidad máfica se definió como grupo Carichapo (formaciones Cicapra, Florinda y El Callao) y la félsica como Formación Yuruarí.

2.2.3.2 Formación Florinda

Corresponde a las rocas volcánicas ultramaficas de afinidad komatítica compuesta de basaltos almohadillados tholeíticos-magneccianos a normales,

intercaladas con rocas talco-carbonáticas, las cuales se identifican como peridotitas komatíticas. Algunas lavas magnesianas muestran textura espinifex. La Formación Florinda definida por Menéndez (1994) en Mendoza (2005) como equivalente a la parte inferior de la formación El Callao y cuando esta última está ausente se localiza infrayacente a la formación Cicapra.

2.2.3.3 Formación Cicapra

Suprayacente localmente con la Formación Florinda y presenta una litología de esquistos anfibolíticos derivados de brechas y alternancia de niveles submarinos de basaltos komatíticos, tobas andesíticas, grauvacas, areniscas lodolíticas y areniscas conglomeráticas. Localmente se intercalan basaltos komatíticos y jasperoides recristalizados tipo chert, con óxidos de hierro y de manganeso, se encuentran tobas líticas, tobas brechadas y, aglomerados volcánicos. Geomorfológicamente ocupan áreas bajas y sus suelos son laterías arcillosas color vino tinto.

2.2.3.4 Formación El Callao

Se desarrolla en la región de El Callo, representa más de 3000 metros de espesor y esta litológicamente formada por casi exclusivamente lavas basálticas almohadilladas, bajas en potasio y altas en hierro, flujo de lavas andesíticas con un predominio transicional entre ambas basandesitas, con estructuras almohadilladas altamente espilitizada, con cantidades menores de brechas de flujo al tope levemente metamorfizadas, geomorfológicamente ocupa las colinas y montes más altos (300 a 800 m.s.n.m) que meteorizan a suelos lateríticos muy arcillosos de color rojo intenso.

2.2.3.5 Formación Yuruarí

La Formación Yuruarí suprayace concordantemente a las formaciones El callao y Cicapra. Corresponde a un vulcanismo dacítico a riodacítico con lavas, brechas y

tobas félsicas, derivados de epiclásticas y turbiditas, además de areniscas y limonitas feldespáticas de estratificación delgada.

En la parte inferior contiene filitas magnésíferas y grafíticas, lentejones alargados de cherts y niveles interlaminados de limolitas feldespáticas con filitas clorítica, en esta formación se pueden observar diques y existencias de pórfidos de cuarzo y feldespatos en forma de intrusiones de emplazamiento posterior recordando al Grupo Carichapo, geomorfológicamente ocupa colinas bajas y sabanas con vegetación tipo chaparros, con suelos lateríticos de colores amarillentos a algo rojizos

2.2.3.6 Distrito aurífero de El Callao

Es el de mayor tradición y conocimiento de la Provincia Pastora, Allí fue descubierto oro por primera vez, hacia el año 1827. El Callao es el distrito aurífero más rico y famoso de Guayana con más de 300 vetas de cuarzo aurífero que han producido en su historia una cantidad mayor a 250 toneladas de oro.

Las mayores concentraciones de oro se producen en vetas de tipo hipotermales de cuarzo aurífero con bajo contenido de sulfuros (<5% en promedio) estas vetas en su mayoría están asociadas a zonas de cizalla y fallas. Tales zonas de cizalla en o próximas a la mineralización se caracterizan por la presencia de cherts, carbonatos magnesianos (más cercanos al depósito) y carbonatos ricos en FeO (E el depósito), con productos guías de alteración.

Secuencia litoestratigráfica: El cuadrilátero aurífero de El callao presenta un interés minero estratégico como unidades de roca caja en los cuerpos mineralizados y en particular de numerosas vetas de cuarzo aurífero, esta unidad consiste en rocas volcánicas diferenciadas que pueden distinguir varios tipos de litologías:

Lavas ultramáficas a maficas: se representan como coladas y lentejones alargados de komatitas o de basaltos con tendencia komatítica, los cuales tienen en su interior vetillas de clorita.

Basaltos y andesitas: están constituidos por una mineralogía de recristalización metamórfica de grano fino, masivo color verde oscuro, compuesta por hornablenda,

plagioclasas, clinozoisita, cuarzo secundario (5%) localmente, debido a la abundancia de los feldespatos y del cuarzo, la andesita tiene una composición más félsica a la diorita. La hornablenda-antinita esta alterada en clorita y los feldespatos en caolín.

Andesita: Contiene abundante cantidad de carbonatos de color verde claro a gris, principalmente calcita en cristales individuales, en vesículas o en impregnaciones difusas.

Tobas máficas y tobas con cristales: se encuentran algunos niveles de tobas de composición máfica e intermedia y también niveles de tobas con cristales, las cuales se presentan en intercalaciones dentro de rocas máficas.

Intrusiones ígneas: La secuencia volcánica, contiene varios diques, sills y cuerpos de rocas ígneas de composición variable, entre las cuales podemos mencionar: los diques de diabasa o de gabro-anfibolíticos los cuales su emplazamiento está controlado por la estructura a escala regional, y los diques o intrusiones de pórfido cuarcífero consisten de feldespatos potásicos, plagioclasas, cuarzo, clorita, micas y sulfuros (pirita), la roca es por lo general de color gris, masiva, dura y de grano grueso.

2.2.4 Clasificación de mineral encontrado en Choco 10

Dentro de la geología local existente en la provincia, en la Mina Choco 10 existen variantes dentro de los que se puede llamar “mena aprovechable”, el mineral extraíble que posee un tenor económicamente rentable posee tres variaciones, las cuales son estados de oxidación que presenta en diferentes zonas de la mineralización, generando diferentes características físicas así como diferentes zonas en las que puede ser ubicado. A continuación se nombraran y describirán dichas facetas.

Oxido: llamado óxido saprolítico, dentro de los estados de oxidación este será aquel con el proceso más avanzado lo cual se ve reflejado en su color opaco y en cierto caso rojizo, así como en su densidad la cual ronda los 1,53 T/m³. Debido a que esta clasificación presenta un alto grado de oxidación debido a la laterización de la

mineralización, esta se presenta en las partes más someras del yacimiento, donde estas mismas están o estuvieron expuestas a la intemperie durante periodos prolongados.

[Transicional: En una especie de estado medio, con cierto grado de oxidación, su apariencia no se diferencia mucho del mineral fresco, sin embargo su densidad lo delata teniendo un aproximado de 1,7 T/m³. Se le puede encontrar en profundidades cercanas a la superficie, en conjunto con el mineral oxido.

Roca: En su mayoría basaltos almohadillados, es roca no afectada por la intemperie o los elementos. Posee una densidad mucho más elevada debido a su génesis ígnea colocándose en un aproximado de 2,7 T/m³. De un color grisáceo puede ser encontrado en casi cualquier profundidad ya que representa casi el 95% de las reservas presentes en Choco 10.

Estas tres calcificaciones representan los grados de oxidación presentes en la mineralización del cuerpo, sin embargo la presencia de estos no garantiza la existencia de una mena aprovechable, ya que dependerá del tenor que esta tenga para ser considerada aprovechable o estéril. De esta manera no es de extrañar encontrar estéril dentro de las tres clasificaciones anteriormente explicada.

CAPITULO III
BASES CONCEPTUALES

3.1 Bases Conceptuales

La minería surge como la necesidad del hombre de obtener aquellos recursos naturales que le permitían un avance en la creación de herramientas para el mejoramiento de la calidad de vida, ya fuese roca para protegerse de la intemperie, metal para herramientas o cal para pintar, el grupo humano que la domine siempre desde tiempos ancestrales, ha tenido una ventaja sobre cualquier otro que no lo hiciera. Los procesos mineros constan de actividades relacionadas a la extracción, transporte y aprovechamiento de un recurso mineral buscando la mayor eficiencia en los métodos utilizados.

La minería a pesar de ser una de las industrias más antiguas sigue en pie y en constante crecimiento debido a la imperiosa necesidad de materias primas para el desarrollo humano, propiciado por el mal aprovechamiento de los recursos utilizados. No obstante el inicio de un proyecto minero suele ser una empresa de alto riesgo y amplia inversión que en la actualidad necesita de una planificación intensiva y a detalle debido a la invariable fluctuación de los precios en materias prima. Es por eso que de un tiempo para acá la minería ha sido blanco de numerosas inversiones para ampliar su rango de exactitud en los métodos utilizados para su desenvolvimiento, permitiendo así que este sector de la economía crezca a pasos agigantados cada año así como toda la industria tecnológica y de innovación que soporta a este sector.

Como anteriormente se mencionó la minería se encarga de la extracción de “minerales”, y se entiende por minerales a toda aquella sustancia de ocurrencia natural que generalmente es inorgánica, de composición química y características específicas. Estos minerales se encuentran en las rocas, las cuales se definen como un agregado de minerales y se clasifican por la composición mineralógica y factores clave como la textura y origen.

Toda aquella operación que se le llama mina es una excavación en la corteza realizada con la finalidad de extraer el material rocoso deseado con el único proceso de generar un beneficio económico. Las minas suelen encontrarse en “yacimientos” los cuales son acumulaciones poco comunes de un mismo mineral o una asociación

de varios de estos, generando una anomalía en la corteza que puede ser aprovechada por su riqueza. Es importante resaltar la diferencia entre los depósitos minerales y yacimientos, a pesar de que ambos se refieren a concentraciones anómalas de mineral en la corteza, este último será aquel que posee las características morfológicas y de concentración que permiten una extracción rentable.

De los yacimientos se extrae la “Mena”, que en términos prácticos es un agregado de minerales, con suficiente utilidad y valor económicos como para ser extraído de manera rentable. En la mena podemos encontrar dos tipos de minerales, aquellos que son valiosos y tienen un uso comercial y aquellos sin valor los cuales son llamados “Ganga”. Las menas pueden ser clasificadas de manera comercial como menas metálicas y no metálicas.

La vida de un proyecto minero tiene diferentes etapas siendo cada una de ellas clave en la influencia de este sobre el yacimiento, el ambiente y viabilidad del mismo proyecto. Para el autor de este trabajo las etapas de un proyecto minero se pueden definir como las siguientes:

3.2. Métodos de explotación

El método de explotación a utilizar para un proyecto minero vendrá directamente relacionado con la morfología y profundidad del cuerpo mineralizado para así lograr la manera más económicamente rentable de extraer el recurso deseado. A continuación se parafrasean los métodos descritos en “*Métodos de minería a cielo abierto*”

3.3. Minería a cielo abierto

Utilizada en yacimientos cercanos a la superficie, utiliza métodos de remoción extensiva de capas de la corteza con el fin de llegar al yacimiento y extraerlo de una manera ordenada. Según la secuencia o método utilizado para remover estas capas de

corteza se subdividirá este método de explotación en ramas específicas que se adhieren a diferentes morfologías y extensión.

A continuación se muestran las subdivisiones del método minero y sistemas de explotación a cielo abierto según una recopilación hecha por (Herrera, 2006)

3.4. Tajo abierto (Open pit)

En yacimientos masivos o de capas inclinadas, la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por un banqueo descendente, con secciones verticales en forma cónica. Este método es uno de los más utilizados para la extracción de minerales metálicos y se han adaptado en las últimas décadas a la minería del carbón. La extracción en cada nivel se realiza removiendo el material rocoso por partes de manera selectiva hasta la zona del banqueo donde se deja con un ángulo especial para la sustentación de la roca, el espacio entre el pie del banco y la cresta del próximo banco se denomina berma y viene definido al rendimiento de los equipos y sus dimensiones. La profundidad para estas explotaciones puede llegar a ser de 300 metros generando en la mayoría de los casos un pasivo ambiental fuerte tanto en el vacío de la fosa como en las pilas de estériles dejadas en escombreras.

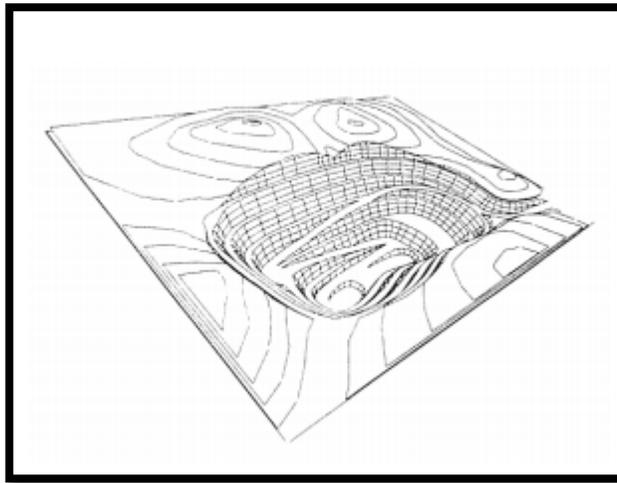


Figura 14 Diseño 3D de una mina tajo abierto (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto)

Vale destacar que la minería de tajo abierto es la que se ejecuta en la mina El Choco debido al buzamiento y profundidad del cuerpo mineralizado.

3.5. Capas descubiertas

Método utilizado con capas horizontales o de baja inclinación de un grosor que resulta atractivo económicamente. Consiste en el avance unidireccional de un primer equipo de trabajo que irá perfilando un único banco mientras se destapa el cuerpo mineralizado y se reposiciona el estéril o ganga en las zonas donde ya se ha realizado la extracción. Un segundo equipo extrae el mineral ya destapado de manera que evita la contaminación del mismo, lo siguiente será un vertido de todo el material estéril en las fases anteriores del proyecto donde ya han pasado los dos equipos antes mencionados.

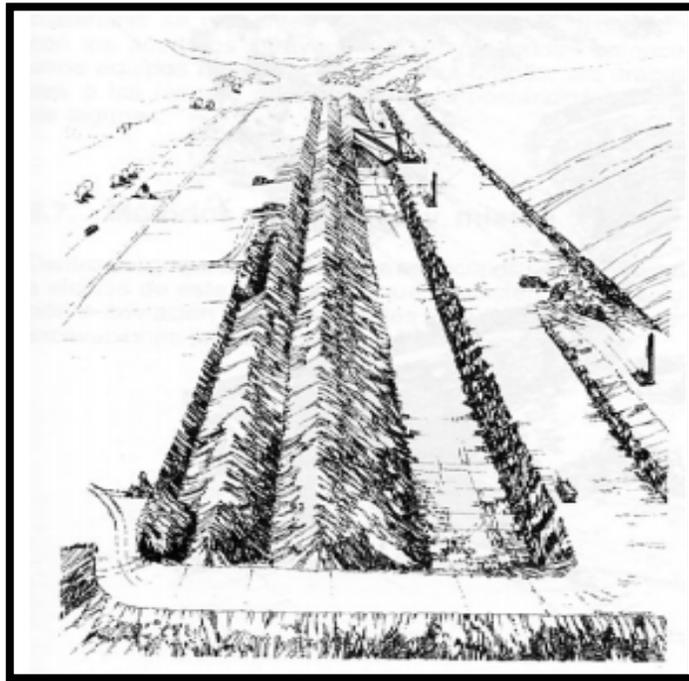


Figura 15 Descubierta del carbón (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto)

3.6. Terrazas

Este método se basa en la minería de banqueo con un avance unidireccional aplicada en yacimientos horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos prominentes que permiten depositar el estéril en las áreas descubiertas dejadas atrás por los procesos anteriores de la extracción. No se alcanzan profundidades muy altas debido a que el yacimiento suele encontrarse a lo largo y no a lo profundo.

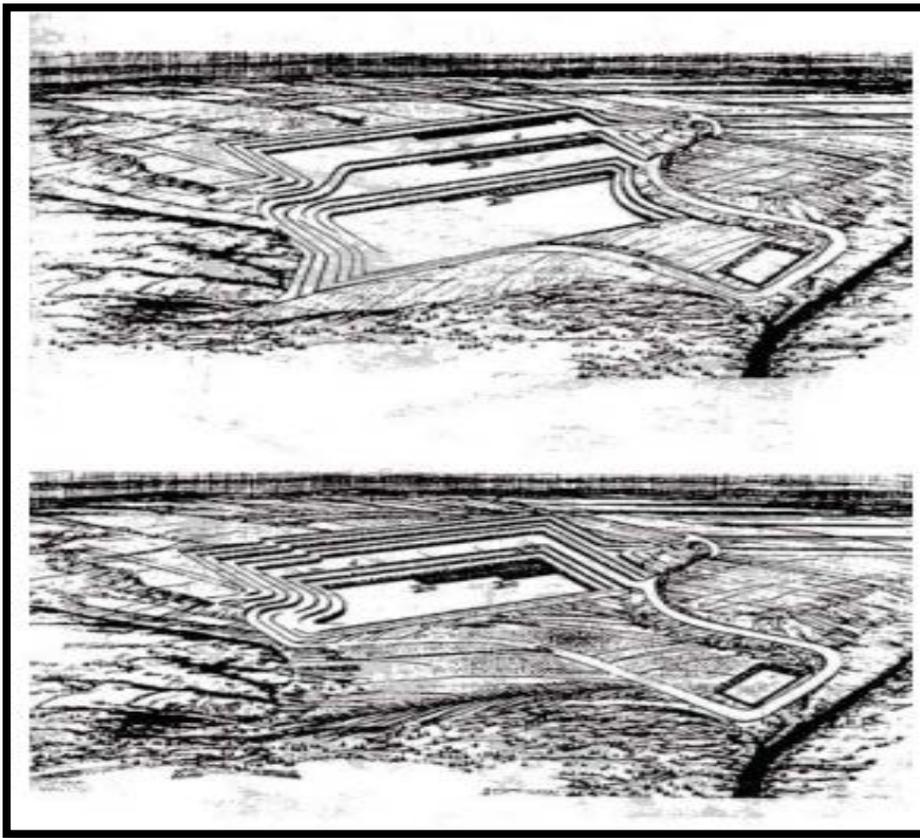


Figura 16 Método de las terrazas (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto)

3.7. Contorno

Consiste en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento. Dado el gran desarrollo de estas explotaciones y la escasa profundidad de las fosas, es viable realizar el traspaso de estériles para la posterior recuperación de los terrenos. El relleno de los huecos suele realizarse una vez alcanzado una situación que permita su vertido dentro de la explotación.

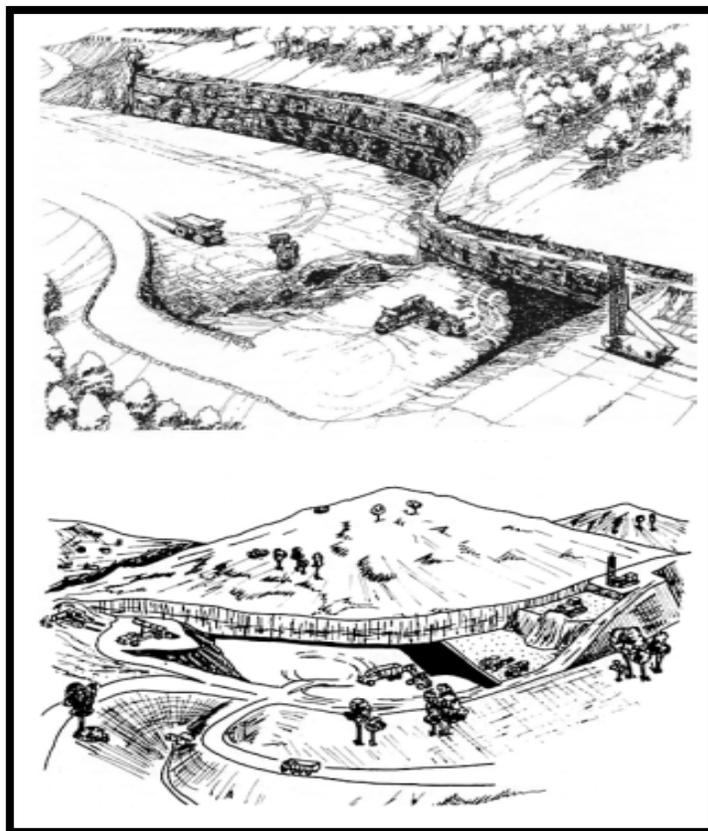


Figura 17 Minería de contorno (Universidad politécnica de Madrid, Métodos de minería a cielo abierto)

3.8. Minería de placeres

Geológicamente un placer es un depósito formado por una ocurrencia ambiental que propició la deposición de ciertos minerales pesados en la zona, generando una concentración suficiente para otorgarle un valor económico. Las ocurrencias comunes de minerales en placeres son el oro, diamantes, titanio, estaño (casiterita), tungsteno, entre otros. Según el agente se clasifican en: aluviales, eólico, marino y glacial.

De acuerdo con las características de cada depósito se realizará un método diferente para la correcta extracción del mineral, El dragado, siendo el método más amigable es una excavación que se realiza bajo el agua de un depósito tipo placer, el nombre de esta técnica deriva de la máquina que es utilizada para realizar la excavación. Para realizar este método es necesario que el área de excavación este bajo el agua, la maquinaria de extracción suele estar sobre un bote el cual realiza las labores de remoción de mineral del lecho del área inundada.

3.9. Secuencia de explotación

Es la estrategia utilizada para la extracción en un orden dado de las reservas existentes en un yacimiento según SME (1992), incluye la forma, método y tiempo en el cual estas reservas son extraídas de la fosa durante el tiempo comprendido entre el inicio de la explotación y el fin de esta (fosa final). Para la correcta elaboración de una secuencia de explotación es indispensable que aquellas reservas geológicas sean clasificadas de acuerdo a sus cualidades para luego cuantificarlas de una manera separada, esto facilita la toma de decisiones de las áreas destinadas a ser extraídas. Los caracteres económico, topográfico, geológico y geo mecánico irán directamente relacionados con el orden de extracción que llevarán dichos bloques e incluso determinarán si estos son aptos o no para la extracción.

3.10. Planificación minera

Es una serie de etapas que buscan determinar que metas debería tener una organización, así como de determinar la forma de asignar y distribuir sus recursos para cumplir con las metas planteadas. Para aquello, se debe tener claridad sobre los objetivos o propósitos estratégicos de la organización, de manera de generar planes y metas capaces de cumplir con estos. En el caso particular de la minería, la planificación minera se genera a partir de las condiciones cambiantes de un recurso explotable a lo largo de la vida de un proyecto. El objetivo primordial de la planificación minera radica en generar un plan capaz de explotar con el mejor valor de económico el depósito con todas sus complejidades técnico-operacionales y restricciones de distinta índole.

Este plano debe ir de la mano con todas las implicaciones mineras y metalúrgicas, que corresponde a un programa de producción y procesamiento donde se indica el origen y destino del tonelaje y las leyes a ser extraídas del depósito, además dónde y bajo qué condiciones se procesará el mineral de acuerdo a sus características.

3.11. Control de leyes del mineral

Al pasar de la etapa de preparación o desarrollo de la operación minera a la etapa de producción de minera, aparece uno de los problemas más importantes de la moderna minería y no solo de la minería a cielo abierto, sino de cualquier método: el control de calidad del mineral a extraer y su calidad para mantenerlo homogéneo a lo largo de las horas, días y años de vida de la mina. Esto, cada vez más requiere de constancia en la calidad del mineral o roca que va a ser tratado para lograr una concentración regular y una recuperación máxima del contenido aprovechable del mineral suministrados por la mina, junto a una eliminación de los elementos indeseables que pueda contener el mineral.

Se denomina control de leyes a la medida de los elementos vendibles contenidos en un volumen o tonelaje a explotar en la mina, es una continuación del proceso de evaluación de recursos y reservas del yacimiento, dando un mayor énfasis a confirmar las leyes que aumentan el tonelaje extraíble.

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

Dentro del desarrollo del diseño de una mina a cielo abierto es importante definir cuáles serán los límites físicos estipulados por la geología que estén presentes para garantizar la calidad del mineral. Debido a la no homogeneidad de los yacimientos, el hombre se ha visto en la necesidad de seleccionar los recursos más convenientes para sí, obligando a introducir un concepto de explotación más óptima de los recursos existentes. Unos de los aspectos de mayor peso en la delimitación de estas áreas será el aspecto económico. A continuación se presentan varios métodos recolectados de González (2012), citados por Bolívar (2014).

Cono Móvil Optimizante también conocido como la teoría de los conos flotantes, sirve para determinar los límites económicos de la explotación, esta data de los años sesenta (60).

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 N°18, 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 excavación.

Es así que los bloques con valor negativo representan a los bloques estériles con su costo de excavación asociado (-10) y los bloques de mineral son representados por el beneficio global de su extracción, este valor se obtiene aplicando la fórmula 1; (Beneficio Global = Ingresos – Costos).

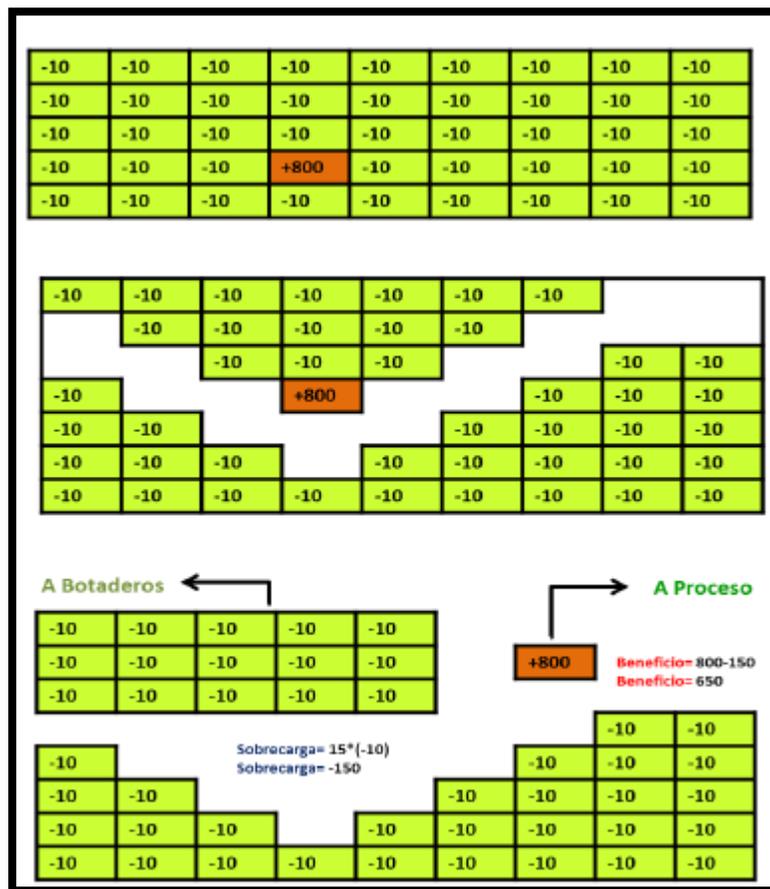


Figura 18 Perfil de un modelo de bloques sometido al algoritmo del Cono Móvil Optimizante, (Gonzales, 2012)

La secuencia de extracción de los conos radica en la secuencia en 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 el que 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 un costo mina, el cual, para efectos de este ejemplo es (-10).

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 N° 18 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).

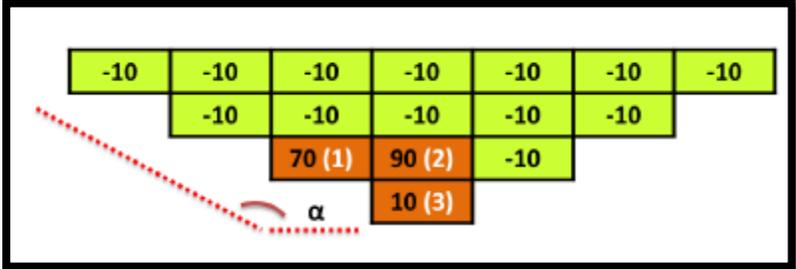


Figura 19 Esquema donde se representa el beneficio que aporta la extracción de cada bloque (Gonzales, 2012)

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 N° 20, Lo cual indica que no es factible su extracción, ya que el costo de la 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.

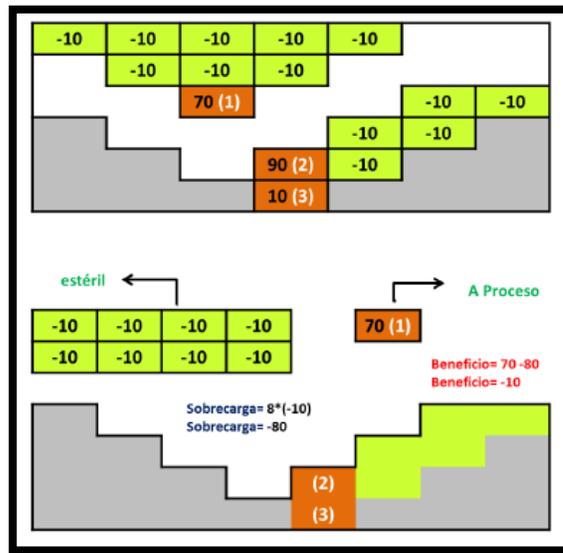


Figura 20 Esquema que representa la construcción del cono en el bloque uno (1)
(Gonzales, 2012).

Es importante resaltar la necesidad de la rentabilidad económica dentro del modelo de bloques ya que esta determinará con previo aviso los aspectos claves a tomar en cuenta, así como las desventajas que posee la mineralización existente y posibles reservas en caso de mejorar las tecnologías mineras.

Por otra parte existirán una serie de herramientas que son destinadas a la resolución de problemas asociados a la calidad de procesos. Se conocen como “herramientas básicas” ya que son adecuadas para personas con poca formación en materia de estadísticas, estas han sido explicadas ampliamente por (Soto, 2001).

3.13 Métodos extractivos asociados a la relación de remoción

El parámetro conocido como ratio de extracción es uno de los más usados universalmente para representar el monto de material sin valor económico que debe ser removido para descubrir una unidad de mineral, en la Figura N° 21 se representa un modelo de explotación de tajo abierto con su respectiva mineralización.

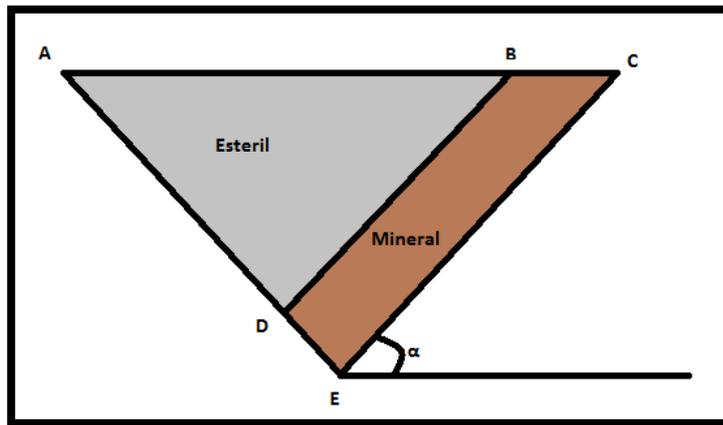


Figura 21 Representación de relación de remoción .Fuente: Modificado de SME (1997).

La diferencia entre el volumen del estéril con la del mineral será definida como relación de remoción.

$$R = \frac{\text{Volumen de esteril removido}}{\text{Volumen de mineral recuperado}}$$

$$R = \frac{ABD}{BCED}$$

Figura 22 Relación de remoción .Fuente: Modificado de SME (1997).

Con los precios de las materias primas constantemente en cambio, el incremento de los costos de producción y la introducción de técnicas más sofisticadas de minería la relación total de remoción puede cambiar a lo largo del tiempo esperado de vida de un proyecto.

El primer método llamado relación de Remoción en Disminución visible en la Figura N° 23, requiere que cada banco de mineral minado sea extraído en secuencia con los bancos de estéril hasta el límite de la fosa. Las ventajas de este método están en la amplia disponibilidad de espacio operacional para los equipos, la gran accesibilidad al cuerpo mineral, todo el equipo trabajando al mismo nivel, no existe

contaminación por desechos de voladura hacia el mineral, así como los requerimientos en equipos son mínimos hacia el final de la explotación. La primordial desventaja es que la relación de remoción, así como los costos asociados a esta son elevados en las etapas iniciales del proyecto, momento en el cual el máximo de los ingresos es requerido para manejar los intereses y reembolso del capital invertido.

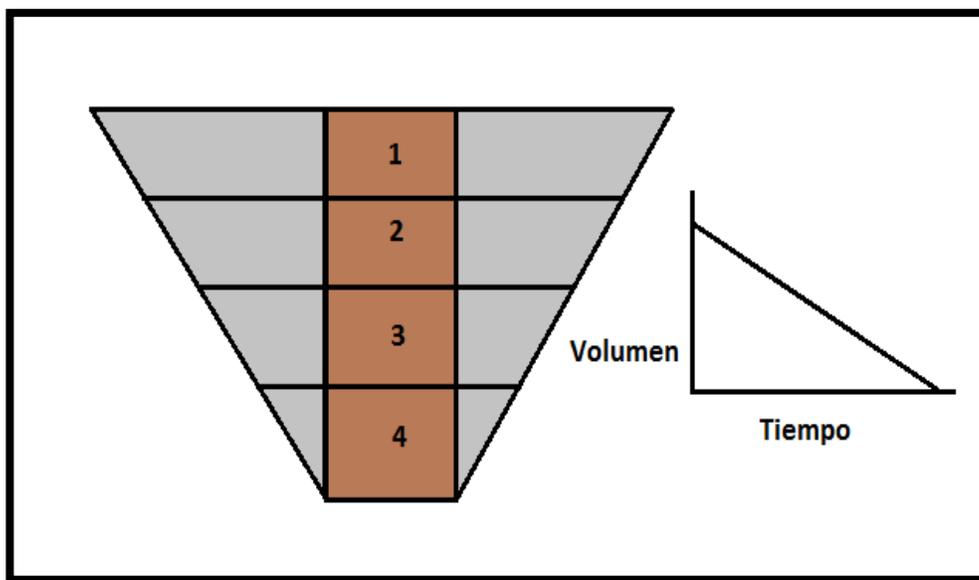


Figura 23 Método de Remoción en Disminución. Fuente: Modificado de SME (1997).

El segundo método es el de la Remoción en Aumento, Este método de remoción del estéril es realizado según la necesidad de destapar el mineral visible en la Figura N° 24. Las pendientes de las caras en los taludes se mantienen paralelas a la pendiente general de la fosa. Este método permite un máximo de ingreso en las etapas iniciales del proyecto ya que la relación de remoción así como los costos asociados a esta son mínimos, lo cual disminuye los riesgos de inversión para las etapas siguientes.

Este es un método muy popular donde la economía asociada a la minería es muy cambiante por lo que la relación de remoción hará lo mismo. La desventaja de este método es la poca practicidad de operar en una gran cantidad de niveles y frentes en

simultáneo, disminuir bancos en paralelo para cumplir las metas de producción y el disminuido espacio operacional.

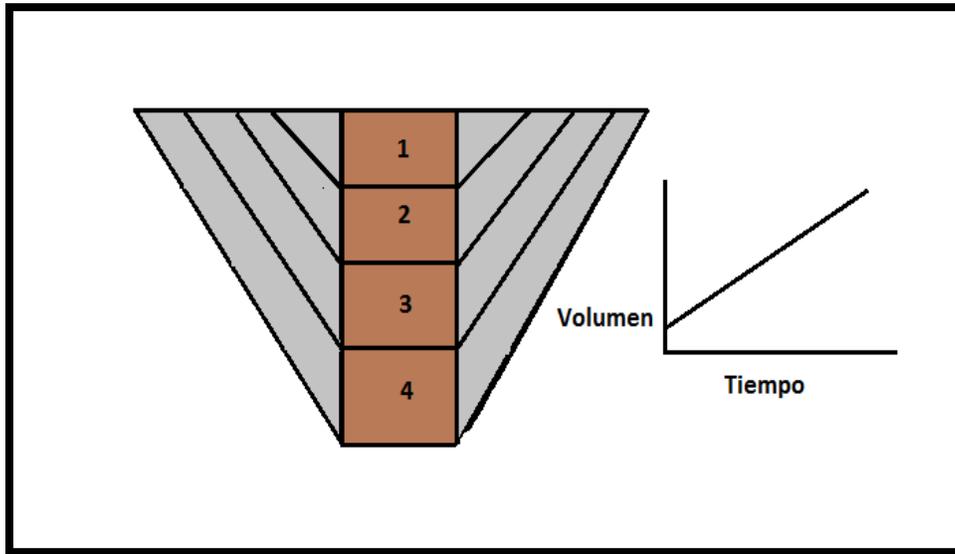


Figura 24 Método de la relación en aumento. Fuente: Modificado de SME (1997).

El último método es denominado de Relación Media que se puede apreciar en la Figura N° 25, busca remover el estéril bajo una relación similar a la total presentada en el yacimiento. La pendiente en los taludes sobre el estéril tiende a ser más suave que el ángulo de la pared final en las etapas iniciales del proyecto e ira incrementándose conforme el proyecto avance hasta emparejarse con el ángulo de la pared final. Este método desde un punto de ventajas y desventajas, es una combinación de los dos métodos anteriormente nombrados. Flota de equipos, mano de obra así como el requerimiento de repuestos e insumos se mantendrá constante durante todo el proyecto.

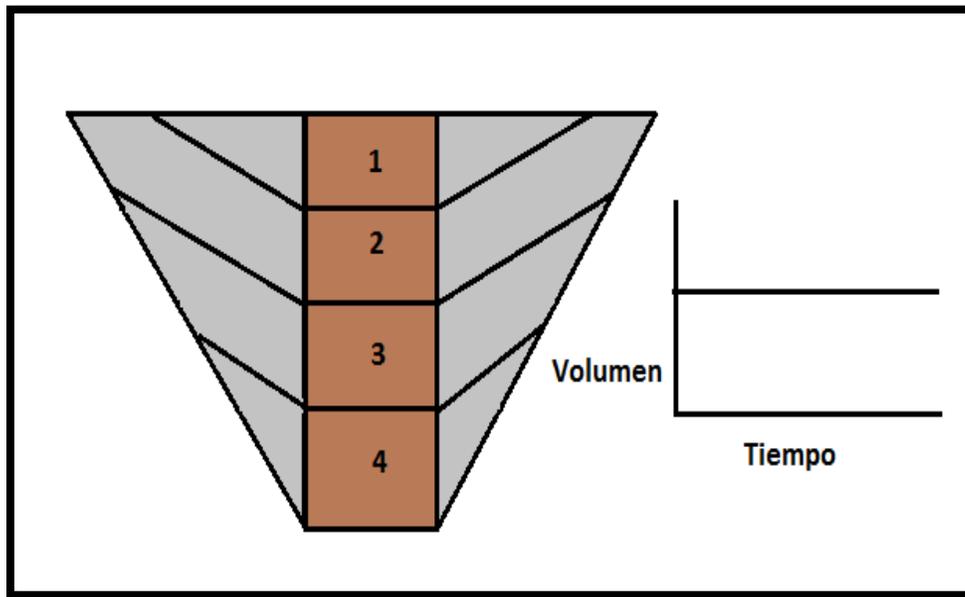


Figura 25 Método de relación media. Fuente: Modificado de SME (1997).

En práctica, la mejor secuencia de extracción para un cuerpo mineral de gran tamaño, es una en la cual la tasa de extracción es baja en las primeras etapas del proyecto así como en las finales. Las recomendaciones pueden ser resumidas a:

- Una buena ganancia puede ser generada inicialmente para incrementar el flujo de caja.
- La mano de obra así como la flota operativa puede ser aumentada al máximo tras un periodo de tiempo.
- La mano de obra y la flota operativa requiere una disminución gradual hacia el final del proyecto.
- Distintos métodos de relación de remoción pueden ser utilizados en distintas áreas, permitiendo la flexibilidad en la planificación.

3.14. Frente operativo

Considerando que la definición de este término suele ser muy ambigua, para efectos de esta investigación el término “Frente operativo” se refiere al área de acción

inmediata en la que se encuentran la maquinaria de arranque directo o indirecto. Los frentes operativos son de carácter temporal ya que obedecen a una posición en el espacio, sin embargo estos pueden ser puestos en alto a conveniencia de la planificación. Los frentes operativos son denotados según la siguiente clasificación

- Arranque de mineral.
- Destape de mineral.
- Perfilado de la Fosa

3.15 Índices clave de desempeño (KPI)

Los índices clave de desempeño (KPI) por sus siglas en inglés, son unidades de valor utilizadas para evaluar los factores cruciales para el éxito de una organización, proyecto o negocio; Estos índices son utilizados en la planificación de proyectos para medir las tendencias de los negocios y asesorar los cursos tácticos de acción. Antes de poder identificar datos de KPI se deben cumplir un proceso de organización en el proyecto definido y objetivos claros del proyecto.

Los indicadores clave de rendimiento son, sobre todo, un conjunto de indicadores para medir los datos, un tipo de indicador de éxito de la empresa. En última instancia, ayudan a una organización a evaluar el progreso hacia metas declaradas. En minería estos indicadores van relacionados a medidas de producción, estos permiten interpretar y predecir futuros escenarios. Dentro de los indicadores de rendimiento más utilizados en la minería están:

- A. Capacidad promedio del balde.
- B. Tiempo promedio de carga.
- C. Número de descargas por hora/día/semana/mes.
- D. Tiempo promedio de ciclo.
- E. Distancia de ciclo.
- F. Dilución promedio.

3.1.6 Disponibilidad Física

Es conocido como uno de los índices clave de desempeño, cruciales para generar una planificación y predecir los índices de producción para los elementos trabajados en este proyecto. Este índice es el resultado de la relación que existe entre el tiempo aprovechable para el trabajo de un equipo y un tiempo total de operaciones expresado de manera porcentual. El tiempo aprovechable del equipo será resultado de la resta entre el tiempo total de operaciones y las diferentes paradas técnicas estipuladas para el equipo, mayoritariamente estas paradas técnicas vienen vinculadas a mantenimiento. El uso de este KPI permite en conjunto con el Índice de Utilización el cálculo de la productividad de los equipos en cualquier periodo de tiempo deseado.

3.1.7 Índice de Utilización

A diferencia de la Disponibilidad Física, el Índice de Utilización se basa en cuanto tiempo de todo el tiempo útil del equipo es aprovechado completamente. Este índice se logra de la división del tiempo en el que se utilizó el equipo y el tiempo disponible que este tuvo, todo esto expresado finalmente de manera porcentual.

Para conseguir el tiempo utilizado de cada equipo se resta del tiempo disponible, retrasos esperados por cambio de turno, recargas de combustible y mantenimiento de vías por causas externas. La multiplicación de este índice con la disponibilidad física nos indicará porcentualmente la cifra real de tiempo que el equipo se encuentra trabajando.

3.16. Ley del Oro y Minerales Estratégicos

Aprobada en el decreto con rango, valor y fuerza de ley N° 2165 con el título de “Ley Orgánica que reserva al Estado las Actividades de Exploración y Explotación del Oro y demás Minerales Estratégicos” y publicada en la Gaceta Oficial n° 6.210 el 30 de diciembre de 2015. La presente ley toma como patrón antiguos estatutos

expuestos en la Ley del Oro decretada en el 2011 la cual reserva al Estado el derecho de la exploración y explotación del oro, creando la única oportunidad para el sector privado de participar si este se alía en una empresa mixta con el Estado en la cual este último poseería no menos del 55% de las acciones de dicha empresa. En la nueva ley decretada en el 2015 este derecho de reserva se amplía sobre una gama de otros minerales, dejando abierta la posibilidad de nombrar a cualquiera de estos que sea necesario para el ejecutivo como estratégico para la nación, y de esta manera reservarse el derecho a la explotación del mismo sin la necesidad de promulgar una nueva ley.

CAPITULO IV
MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de carácter exploratorio ya que fue necesario la identificación y estudio de las diferentes variables existentes, así como su manejo adecuado para garantizar el suministro de mineral según la expansión en una meta de producción establecida

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es “no experimental transeccional” de tipo descriptivo, debido a la naturaleza de las variables no manipulables y la capacidad limitada para la toma de datos a lo largo del periodo estudiado. De la misma manera busca relacionar la incidencia de los valores manifestados con las variables existentes.

4.3 Población y Muestra

La población será conformada por todas las operaciones del Bloque Guasipati-El Callao, las cuales incluyen Increíble 6, Choco 4 y Choco 10. La muestra será integrada por los parámetros de producción encontrados en Choco 10.

4.4 Técnicas y Métodos de Recolección de Datos

Para modelar los diseños de explotación, es necesario el uso del software de diseño minero Datamine ® suministrado por la empresa, el cual entre sus bondades permite de una manera sencilla y precisa el cálculo de volúmenes, así como la delimitación de áreas destinadas para infraestructura. Esto sirve para una mejor organización y disposición de los datos necesarios para la planificación. Como instrumento compilador se emplea una Hoja de cálculo

4.5 Análisis de los datos e interpretación

El análisis e interpretación de los datos se realiza de manera cualitativa y cuantitativa, contrastando los datos provenientes a la meta estipulada por el Plan Quinquenal, así como en los conceptos de relación de remoción como elementos clave para la observación de tendencias que permita entender el comportamiento a futuro de ciertos procesos de producción. Esto con el fin de generar una guía que facilite el análisis del planificador para la mina de Choco 10 o cualquier yacimiento de similares características, se dividieron las actividades en dos etapas, las cuales se explican en la siguiente sección. Las actividades a realizar en este método son explicadas por fases a continuación y visualizadas en la Figura N°27

A. Primera Etapa

La primera etapa consiste tanto en una previa revisión de los datos que incluye una revisión teórica del proceso productivo:

- Establecimiento de reservas minerales las cuales se pueden comprobar con el uso del software Datamine, mediante la información suministrada e introducida por el mapeo realizado en el grupo de bloques del yacimiento.
- Revisión de los aspectos solicitados por la Gerencia en el Plan Quinquenal, contrastados con la información arrojada por el Software DataMine.
- Mediante una caracterización de los criterios y aspectos clave, tanto físicas como operacionales se discriminan las variables a ser empleadas como premisas en la planificación. Para ello se construyen una tabla anual, que contiene los aspectos cuantitativos de ese periodo de tiempo. Posteriormente se realizó esta misma operación de forma trimestral para el segundo año y anual para los últimos tres años, En la Figura N° 26 se realiza una explicación gráfica.
- Estructuración de un diagrama de flujo. Se organizan un sistema que permita la toma de decisiones para la selección y delimitación de bloques, tomando en

cuenta: las limitaciones físicas, cualitativas y cuantitativas de la infraestructura en la mina Choco 10.

2017	2018	2019	2020	2021
Enero	Trimestre 1	Anual	Anual	Anual
Febrero				
Marzo				
Abril	Trimestre 2			
Mayo				
Junio				
Julio	Trimestre 3			
Agosto				
Septiembre				
Octubre	Trimestre 4			
Noviembre				
Diciembre				

Figura 26 Formato para la entrega de cifras de un Plan Quinquenal. Fuente: Elaboración Propia.

B Segunda Etapa

La segunda etapa es aquella donde se trabajó con la secuencia de extracción.

- Delimitación de bloques en la secuencia de extracción. Según los requerimientos señalados por la Gerencia, se estipulan una serie de metas tanto mensuales, trimestrales y anuales las cuales se requiere sean cumplidas. Mediante el uso de una tabla de Excel se realiza la organización y programación de la extracción de estos bloques para el cumplimiento de estas metas.
- Interpretación de datos arrojados. Tras la selección de variables claves, así como la organización por tablas de aquellas con carácter cuantitativo, se agrupan estos datos de manera gráfica para un parafraseo de los mismos.

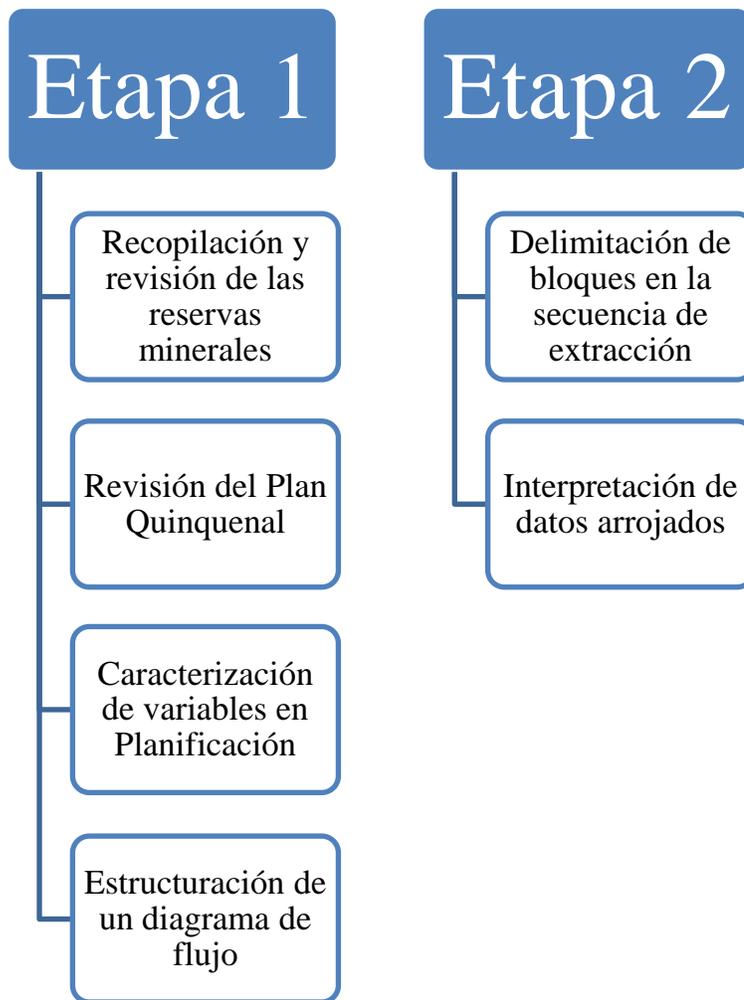


Figura 27. Etapas para el desarrollo de una propuesta de planificación a largo plazo

CAPITULO V
RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 Recopilación y revisión de las reservas minerales

La información para efectos de este trabajo fue la suministrada por MINERVEN. La misma ha sido sometida a constante “refrescamiento” y actualización de los datos geológicos, mediante el uso de la información de perforaciones de los frentes de arranque, aunado a aquella información de los sondeos iniciales de las operaciones. Toda la investigación de estos datos, permite elaborar un modelo de bloques, lo cual facilita al personal encargado de la planificación la toma de decisiones, optimizando la información de los límites visuales de los distintos sectores en el yacimiento y los volúmenes de roca. Esta información es recogida y recopilada por el Software DataMine y expresada en volúmenes de roca, e indicadas sus respectivas Leyes minerales. Para acceder a dichos datos, es necesario seguir un procedimiento de integración de datos sobre volumen denominado “Macro” el cual se corre de forma automática en el programa. El resultado de este proceso es la delimitación del volumen contenido entre dos superficies, las cuales son la topografía actualizada y el diseño final de cada una de las fosas. Todos los datos se expresan de forma directa en una hoja formato electrónico denominado “informe” que puede ser compatible con hojas de cálculo (Excel de Office, por ejemplo) y facilita su organización en un documento que permita su utilización.

En el proceso de “Macro” descrito, se calcularon un total de 727 volúmenes, los cuales se corresponden a aquellas separadas por los paralelos a la dirección este-oeste, separados entre sí 50 metros y con una profundidad de 5 metros. Cada uno de los 727 bloques organiza la información con respecto a una clasificación previa, introducida en el programa referenciado a los datos y atributos geológicos, características físicas y concentraciones de oro. Las mismas están reflejadas en subsecciones que se refieren solo al nivel de riqueza de la Ley mineral: Alta Ley, Mediana Ley y baja Ley. En cada una de estas subdivisiones se puede estimar la cantidad de mineral asociada respectivamente, expresada en toneladas y metros cúbicos banco, tonelaje y densidad. Independientemente los bloques contemplan una identificación que incluye información sobre: nivel al que pertenece, panel de

localización y fosa. Todos estos elementos juntos componen la codificación de una etiqueta que permite la rápida localización e identificación de los bloques de una forma rápida e individualizada, la cual se puede visualizar de forma clara en la Figura N° 28 resaltado en color rojo

Mineral %	Esteril %	Mina	Panel	Pit		Banco
				abreviacion	nivel	
0%	0%	ROSIKA	N7	RK	60	RK60N7
0%	0%	ROSIKA	N1	RK	65	RK65N1
0%	0%	ROSIKA	N2	RK	65	RK65N2
0%	0%	ROSIKA	N3	RK	65	RK65N3
0%	0%	ROSIKA	N4	RK	65	RK65N4
0%	0%	ROSIKA	N5	RK	65	RK65N5
0%	0%	ROSIKA	N6	RK	65	RK65N6
0%	0%	ROSIKA	N7	RK	65	RK65N7
0%	0%	ROSIKA	N1	RK	70	RK70N1
0%	0%	ROSIKA	N2	RK	70	RK70N2
0%	0%	ROSIKA	N3	RK	70	RK70N3
0%	0%	ROSIKA	N4	RK	70	RK70N4
0%	0%	ROSIKA	N5	RK	70	RK70N5
0%	0%	ROSIKA	N6	RK	70	RK70N6
0%	0%	ROSIKA	N7	RK	70	RK70N7

Figura 28 Organización de la información por bloques, así como su sistema de etiqueta. Fuente Elaboración Propia.

Una vez culminado el proceso de corrida de Macro, los datos proporcionados sobre la cantidad de mineral y estéril presentes entre la superficie y los límites establecidos en el diseño de la fosa, se encuentran resumidos en las cifras de reservas totales que se muestran en la tabla N° 6, separadas por fosas.

Tabla 6 Reservas minerales Fosas Rosika y Coacia

Reserva	Mineral		Estéril	
	mcb	T	mcb	T
Rosika	4.119.442	11.835.801	15.375.446	41.952.684
Coacia	764.179	2.166.951	2.080.173	5.520.307
Total	4.883.621	14.002.753	17.455.619	47.472.991

Fuente: Bloque Guasipati-El Callao 2016

5.2 Revisión del Plan Quinquenal

Un plan quinquenal tiene como referencia las metas de producción estipuladas para cada uno de los 5 años propuestos en este. Las metas de producción son

premisas acordadas por la Gerencia de la empresa. Para ello se consideran elementos críticos en las áreas de producción y necesidades económicas del proyecto. Con esto, se plantean objetivos reales empleando las capacidades físicas y la disponibilidad, traducidos en índices clave de producción. Estas metas serán la guía que delimita la elaboración de la secuencia de extracción para la mina. Para la Mina Choco 10, se conoce que existe la intención de aumentar la capacidad de procesamiento en la planta de 4.395 T a 9.065 T/ día para el quinto año de este plan, como se aprecia en la tabla N°7

Tabla 7 Especificaciones del Plan Quinquenal 2017-2021

Año	MINERAL T	Ley g/T	Días/año	Procesamiento T/día	Oro Kg	Estéril Esperado T
2017	1.450.500	2,68	330	4.395	3.887	5.802.000
2018	2.143.658	2,68	330	6.496	5.745	8.574.632
2019	3.127.516	2,15	330	9.477	6.735	12.510.064
2020	3.127.516	2,15	345	9.065	6.735	12.510.064
2021	3.127.516	2,21	345	9.065	6.922	12.510.064
TOTAL	12.976.706	2,31	1.680		30.024	51.906.824

Fuente: Bloque Guasipati-El Callao (2016).

5.2.1 Distribución de las reservas

Mediante un breve análisis se observa que la cantidad correspondiente en el plan 2017-2021, disponibles en las fosas Rosika y Coacia, representa el 93% (ver

Figura N°29). Dentro de las reservas calculadas en Choco 10 y tomando en cuenta el Plan propuesto, Coacia acabaría sus reservas primero que Rosika, por lo cual es la única fosa que tendría reservas para finales del 2021.

Por sus características morfológicas, tanto la fosa Rosika como Coacia tienen la mayor cantidad de reservas disponibles, así como la mayor oportunidad de profundización en el diseño, el cual permitirá mantener un desarrollo constante en ambas fosas.

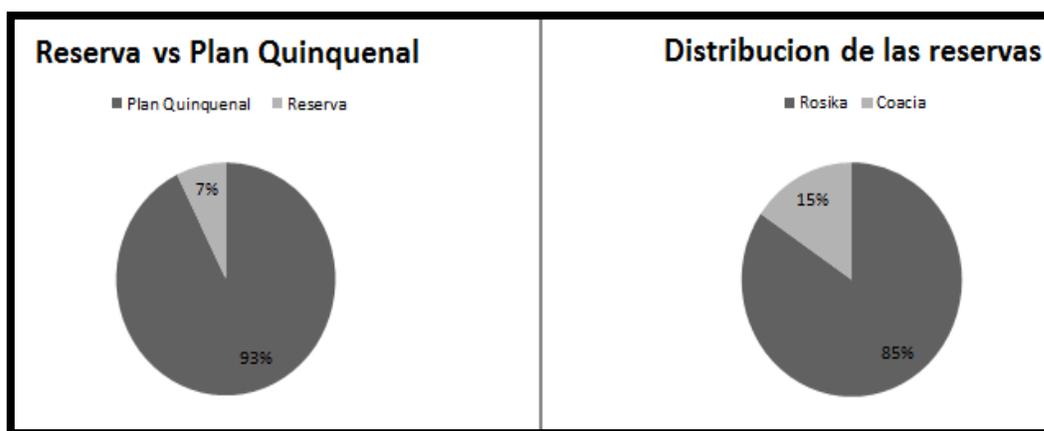


Figura 29 Contraste de reservas con el Plan Quinquenal y distribución de las reservas. Fuente: elaboración propia

5.2.2 Expectativa de vida

En el análisis del desarrollo que se establecerá en las fosas Rosika y Coacia, en el transcurso del Plan quinquenal, primero es necesario entender que estas metas han sido pensadas en función de incluir a la fosa Pisolita, esto con la finalidad de prever consecuencias en el desarrollo posterior de los frentes, los cuales tendrán un final más prematuro, debido al enfoque que se quiere dar a dichos frentes y aunado al aumento de la capacidad de la planta. Si no se considera el aumento en la capacidad, tanto Rosika como Coacia quedarían sin reservas explotables para mediados de 2026, como se aprecia en la Figura N°30

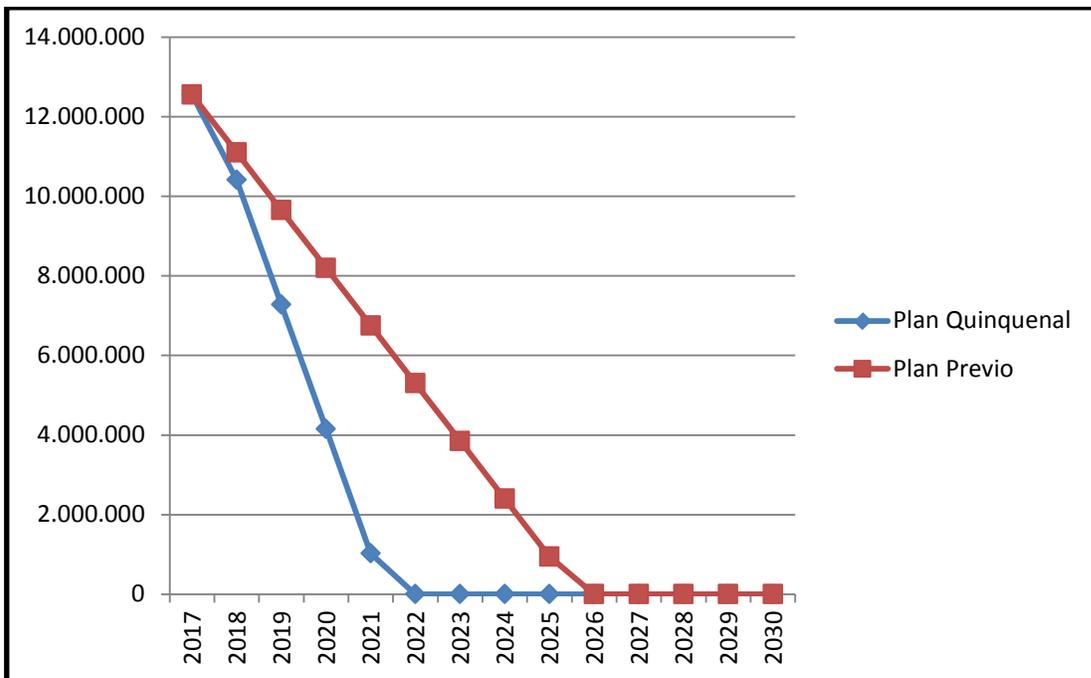


Figura 30 Comparación de las expectativas de vida de Rosika y Coacia en diferentes planes de acción. Fuente: elaboración propia

Según la tendencia de esta gráfica se espera que para mediados de 2022 ocurra el fin de las reservas, quedando de alguna manera definido el final de la explotación en estos frentes.

5.2.3 Ley de mineral a lo largo de la explotación

Estos depósitos están definidos como brechas de flujos basálticos, los cuales tienen como cualidad las grandes concentraciones de minerales, en pequeñas áreas de sondeos. Las mismas son visibles empleando métodos geo-estadísticos, mediante modelado de bloques, así como permitir el análisis sobre el comportamiento de la Ley mineral, a medida que aumenta la profundidad

En la Figura N°31 se puede apreciar un corte transversal de la fosa Rosika, en donde se puede observar que el tenor aumenta en grado a medida que se profundiza en la excavación, hasta que se llega a un punto máximo, en donde se encuentran las mayores concentraciones de mineral (cotas 130 a 150).

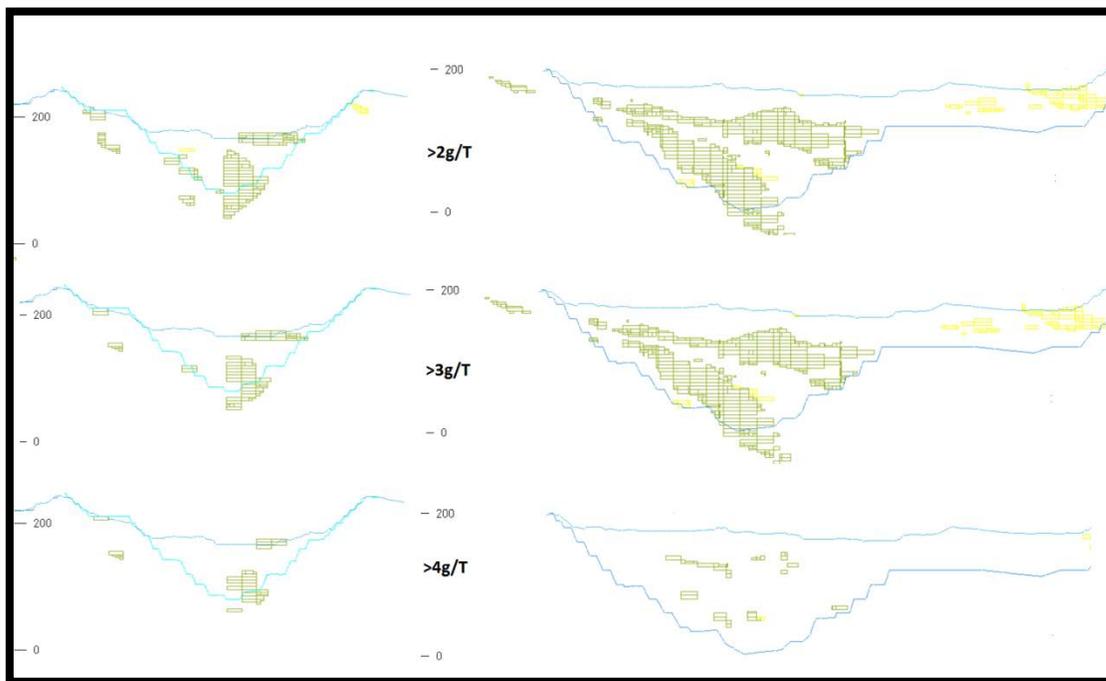


Figura 31 Corte transversal Norte-Sur fosa Rosika con los tenores superiores a 2g/T, 3g/T y 4g/T respectivamente. Fuente: elaboración propia

En los recuadros coloreados visibles en la Figura N°31 se puede apreciar respectivamente todos aquellos bloques con un tenor superior a 2g/T, 3g/T y 4g/T respectivamente. Debido a la distribución de los tenores en la fosa Rosika, cuyos niveles de menor tenor están cercanos a la superficie, se puede esperar que en los dos primeros años de la explotación estipulada en el Plan Quinquenal, la Ley media mineral sea inferior a lo esperado. La ley media se plantea en 2.68g/T en los años 2017-2018. Es importante mencionar que en los niveles más profundos de Rosika, se reduce la relación de remoción al final del Plan quinquenal al año 2022

5.3 Caracterización de las variables en Planificación

Buscando encarar eventos a futuro, la planificación requiere evaluar aquellos elementos clave (que pueden encarar hacia las buenas prácticas en minería), así como aquellos que aseguren resultados confiables dentro de las limitaciones existentes. Entre algunos de estos criterios se encuentra la información proveniente de la

investigación geológica, la cual sumada a las del terreno (topografía y localización), permiten compilar “información clave” que facilite la planificación de eventos a futuro.

Para el caso de Choco 10 que es una explotación a cielo abierto, cuya geología caracterizada por familias de vetas auríferas ubicadas geográficamente en el trópico, se generan una serie de diversas implicaciones, distintas a otras explotaciones (incluso en aquellas consideradas similares) que deben ser tomadas en cuenta, si lo que se busca es conseguir una adecuada planificación y de acciones acertadas a ejecutar. En este contexto, se mencionan y explican aquellas variables que pueden incidir en esta planificación, así como las estrategias que se consideran recomendables para enfrentar o prevenir en la elaboración de las secuencias de aprovechamiento.

5.3.1 Escorrentía de las aguas

En la zona donde se encuentra la concesión Choco 10, es preponderante un clima tropical de sabana arbolada (Clasificación Koeppen), con periodos de lluvias comprendido entre los meses de abril a octubre, con precipitaciones medias anuales de 1.050 mm, muy frecuentes en el trópico. El alto nivel de precipitaciones propicia la acumulación de aguas superficiales, debido a la sobresaturación de los suelos, lo cual trae como consecuencia: deterioro de vialidad, inestabilidad de taludes y posible disminución de espacios operativos, debido a la canalización natural de aguas, propiciando su acumulación en los niveles más bajos de la fosa (generación de lagunas).

El mencionado aspecto sobre la acumulación de las aguas, ha de convertirse en un elemento a considerar de suma importancia para la planificación a largo plazo, debido a que implica la toma de decisiones sobre la inhabilitación temporal de espacios destinados a explotación para la planificación y canalización de las aguas acumuladas en dichos espacios. En virtud de este probable escenario, se plantean los siguientes lineamientos.

- Mantener uno o más paneles, un nivel más profundo que el resto de los niveles en explotación; esto debido a que la zona “profunda” funcionaría como un sumidero temporal a donde debe ser canalizadas las aguas. Este espacio puede ser modificado de ser necesario como se puede ver en la propuesta de la Figura N°32.
- Alternar los frentes de extracción, en este aparte hacemos referencia a que los espacios afectados por la acumulación de las aguas, los cuales generan problemas a la hora de la realización de las actividades de arranque indirecto, lo cual requeriría una planificación de corto y mediano plazo, que permita redistribuir el tiempo de trabajo , en diferentes frentes operativos. Se definen estas actividades: bombeo, trasbase y manejo final.

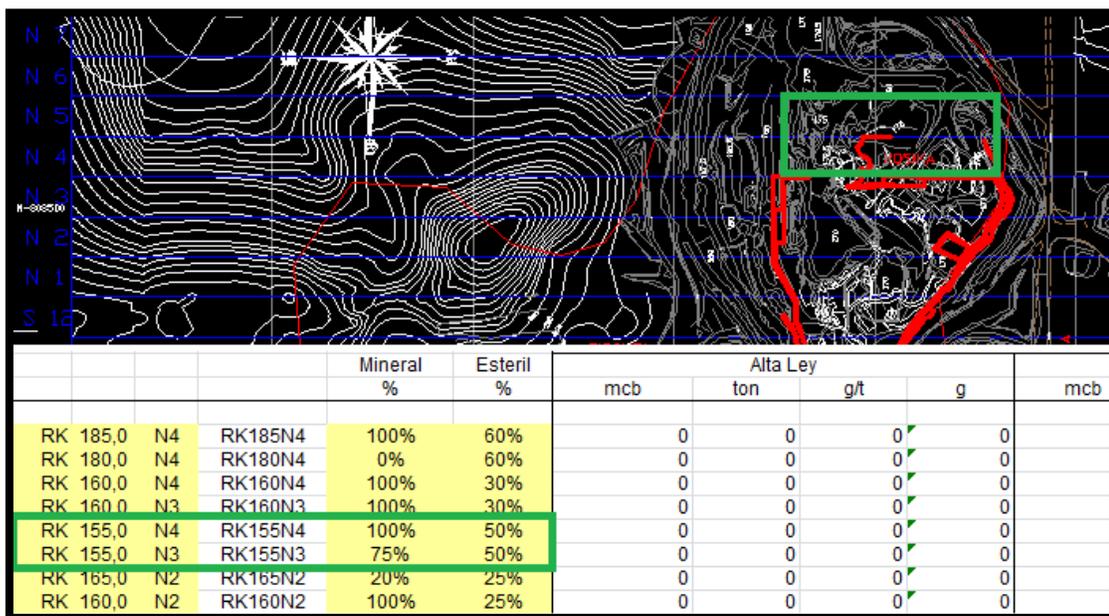


Figura 32 Diseño en secuencia de un panel con menor nivel para el encausamiento de las aguas. Fuente: Elaboración propia

En correspondencia a lo dicho anteriormente, los aspectos a considerar en una planificación a cielo abierto contemplan el manejo de agua como una labor integrada, con continuo seguimiento y supervisión, tanto en el diseño como en la ejecución de las obras complementarias como: canaletas, bermas, sumideros, entre otros que

requieren la conformación de equipos de trabajo en operaciones auxiliares y coordinación entre departamentos, unidos en una planificación de largo, mediano y corto plazo.

5.3.2 Características geológicas del cuerpo mineral

Como se ha mencionado, los depósitos basálticos con brechas suelen tener la mayor concentración de oro en cuerpos lenticulares con extremos elípticos, los cuales poseen un rumbo y buzamiento definido. En el caso de la Mina Choco 10, los cuerpos minerales presentes en Rosika y Coacia poseen un buzamiento al este que puede rondar los 35-45° como se aprecia en la Figura N°33.

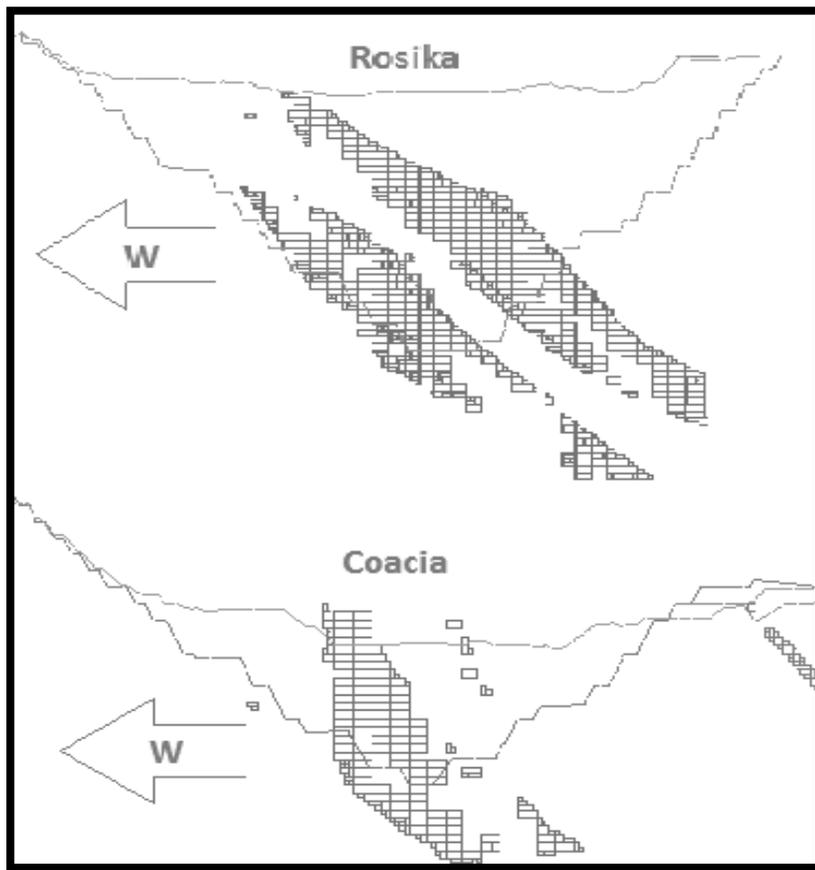


Figura 33 Corte transversal Oeste-Este de las fosas Rosika y Coacia por los paneles N4 y S5 respectivamente. Fuente: Propia

Las concentraciones del mismo irán variando según se profundice en la corteza terrestre hasta alcanzar sus niveles óptimos en el centro del cuerpo elíptico. Una vez sobrepasado este centro se espera que la ley del mineral encontrado decaiga progresivamente en la mayoría de los casos.

5.3.3 Relación de remoción

Otro aspecto a considerar en esta sección y de gran importancia en la planificación de largo plazo es la “relación de remoción”, la cual en operaciones a gran escala juega un papel importante en la toma de decisiones de la empresa minera, pues esta incide de forma directa en los ingresos y el flujo de caja, así como en los costos y depreciación de la maquinaria. En la mina Choco 10 estudios económicos determinaron que para mantener la rentabilidad de las operaciones la relación de remoción debe mantenerse por debajo de 4. Esta variable incide en la estrategia a utilizar para excavar el cuerpo mineral y su evolución con la morfología, la misma puede cambiar a lo largo del tiempo debido a factores externos en su mayoría económicos y tecnológicos que cambien el escenario actual en el que se extrae el mineral.

5.3.4 Frentes operativos

En el caso de Choco 10 se realiza una extracción por terrazas que abarca gran parte de la extensión de la fosa, de esta manera se engloban diferentes áreas donde se esté extrayendo y destapando mineral así como rediseñando y perfilando la fosa como se puede observar en la Figura N°34.

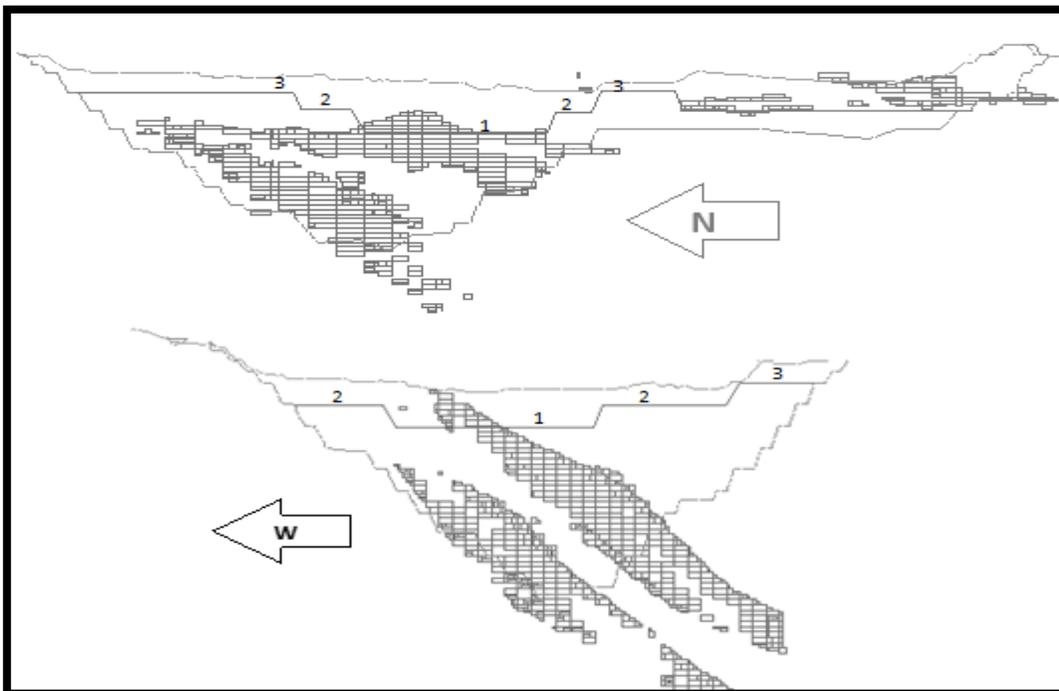


Figura 34 Diferentes frentes operativos de Rosika en vista transversal. Fuente: Propia

En los años iniciales del proyecto, la explotación ha tomado un estilo de extracción afiliado al Método de Relación en aumento visible, explicado previamente y visible en la Figura N°24, posteriormente a medida que el proyecto va avanzando se adapta un Método de Relación Media. Tomando en cuenta la morfología del cuerpo mineral y el diseño de la fosa generado a su alrededor, se tiene planificado que para los 2 últimos años de la explotación el volumen por nivel extraído disminuya adecuándose más al Método de Relación en Disminución, razón por la cual que se espera que para los años finales de esta proyección la cantidad de equipos y mano de obra en uso disminuya redundando en una reducción de costos totales.

La razón primordial de la elección de este método en las fases iniciales del proyecto es la baja relación de remoción, aunada a los altos índices de recuperación mineral; Esto garantiza un buen flujo de caja que permitirá respaldar las inversiones iniciales. El diseño de terrazas busca como objetivo primordial seguir el cuerpo mineral de oeste a este, mientras en fases superiores se van destapando los niveles necesarios para garantizar la extracción mineral en los años siguientes.

A continuación se mencionarán y explicarán los diferentes Frentes Operativos existentes

- Arranque de mineral: como su nombre lo indica esta área operativa se encuentra en las zonas con mineral expuesto a la superficie, en el caso de Choco 10 se busca que estos sean los niveles más inferiores. A medida que el nivel en donde se opera sea más profundo, la ubicación de dicho frente operativo tendrá la tendencia buscada de oeste a este que sigue el cuerpo mineralizado. Si bien es el frente operativo que garantizará el insumo del mineral a planta, esto no le otorga carácter prioritario sobre los demás frentes. En la Figura N°34 se puede ubicar bajo el número 1.
- Destape de mineral: encargado de garantizar el trabajo del frente operativo de “Arranque de mineral”, su trabajo implica la movilización de material estéril, garantizando de esta manera en fases futuras el ancho operativo para los equipos. Debido a las características del yacimiento esta cuadrilla es de vital importancia ya que su retraso comprometerá la labor de los demás equipos de trabajo, al no destapar niveles aptos para ser volados. En consecuencia este es el “Frente operativo” que debe ser tratado con más cuidado. En la Figura N°34 se puede ubicar bajo el número 2.
- Perfilado de la fosa: es una cuadrilla bajo la supervisión de Planificación a Corto Plazo ya que esta actividad implica un mayor detalle y un constante seguimiento. De ésta dependerá la construcción de rampas, canalización de las aguas, apertura de nuevas vías y extracción de estéril en zonas que no impliquen directamente el destape de nuevas capas minerales. Se encontrara en cualquiera de los 3 niveles, en la Figura N°34 se puede ubicar bajo el número 3.

La distribución de las horas/hombre empleadas en cada uno de las áreas mencionadas es de vital importancia ya que si bien un frente operativo proporciona mineral constante a la planta, los otros dos garantizan la operatividad del arranque de mineral. Una buena organización y distribución de los equipos garantizará el buen engranaje de todas las operaciones.

5.3.5 Capacidad de producción y disponibilidad de los equipos

La propiedad de movilizar material en un proyecto minero siempre está directamente relacionada con la capacidad de carga en m³ de palas y camiones, la cantidad de estos y su efectiva combinación. En Choco 10 se encuentran operativos una retroexcavadora Komatsu 1250 de balde 6.2 m³, así como 4 camiones marca Terex de capacidad 32 m³. Utilizando factores de KPI proporcionados por la empresa se puede calcular la productividad de estos equipos en un día promedio de trabajo. Sin embargo es necesario tomar en cuenta factores tanto de disponibilidad como de efectividad, ya que al trabajar con el factor humano la posibilidad de error es siempre segura, es por eso que a las capacidades productivas calculadas se agrega un factor multiplicativo el cual permite acercarnos a una cifra más real.

Actualmente en la Gerencia de Planificación se manejan valores de disponibilidad física (visibles en la Tabla 8) que dan a inferir un corto tiempo de uso debido al poco tiempo que pasan en reparaciones o paradas preventivas. En planificaciones a largo plazo, la disponibilidad física es un factor que debe ser tomado en cuenta ya que al depender de la condición de un equipo propenso al desgaste, es de esperar que esta disminuya con el tiempo, bajando así los valores de producción. La combinación de los camiones Terex con las retroexcavadoras Komatsu 1250 representa una selección ideal de equipos debido al solapamiento de las capacidades de los mismos.

Tabla 8 Índices de KPI para el Bloque Guasipati-El Callao.

KPI	Valor
Disponibilidad física %	85
Capacidad de carga (m³)	6,2
Cantidad de pases por camión	6
Efectividad %	80
Tiempo de carga (min)	4
Producción real mcb/h	476
Producción real mcb/día	7.771

Fuente: Gerencia de Planificación Bloque Guasipati-El Callao

Los valores calculados de producción de cada equipo son multiplicados por los factores de efectividad y disponibilidad, generando así valores de producción que se acercan más a la realidad. Dado que los equipos son elementos físicos propensos al desgaste y poseen una vida útil finita, la disponibilidad con el tiempo disminuirá, es por eso que resulta necesario generar un factor mediante el cual se pueda imitar este decrecimiento en la disponibilidad del equipo, facilitando así el cálculo de producciones a futuro. Si bien es cierto que cada proyecto tiene cualidades distintas que marcarán una evolución incomparable de los equipos, para efectos de este proyecto se considera un factor conservador de una disminución del 2 % anual en la Disponibilidad Física.

5.3.6 Material almacenado

Según las capacidades anteriormente mencionadas, los niveles de mineral esperados según el Plan Quinquenal y las ampliaciones en la capacidad de la planta de procesamiento, se puede observar un superávit en la cantidad de mineral extraído en comparación con la cantidad procesada visible en la tabla 9.

Tabla 9 Evolución del tonelaje de mineral almacenado

Año	Producción esperada (T)	Capacidad de la planta (T/día)	Material esperado en stock (T)
2017	1.450.500	4.395	237.355
2018	2.143.658	6.496	588.135
2019	3.127.516	9.477	1.099.910
2020	3.127.516	9.065	1.725.413
2021	3.127.516	9.065	2.350.917

Fuente: Elaboración propia

Todo el mineral recuperable extraído es dirigido a los patios de almacenamiento donde estará en espera para ser procesado. El objetivo de esta “sobreproducción” es generar una cantidad de material en stock que mantendrá a la planta de procesamiento con disponibilidad de material aun cuando los equipos en una mina no estén

extrayendo mineral. Esta estrategia es comúnmente utilizada en proyectos propensos por su ubicación, a un clima cambiante, con posibilidades latentes de días de parada por condiciones de peligro y resguardo de la integridad de las vías y los trabajadores, es aplicable para la mina Choco 10. La actividad de almacenaje de mineral juega un papel importante dentro de la planificación a largo plazo, ya que al mantener los niveles constantes de producción se asegura un respaldo de mineral en caso de presentarse contratiempos en el futuro.

5.4 Estructuración de un diagrama de flujo

Una vez mencionadas todas las variables a ser coordinadas dentro de una planificación a largo plazo, se elabora un diagrama de flujo y se procede a probarlo con la selección de bloques a extraer en la secuencia del Plan Quinquenal 2017-2021. En total se realizaron 3 diagramas de flujo dando como definitivo el visible en la Figura N°37. Cada uno de estos diagramas siguió un proceso de mejora continua según los errores contrastados en las gráficas anuales de mineral extraído, ley media mineral, relación de remoción y kilogramos de oro extraídos el cual contempla las variables mencionadas priorizándolas dentro de la sección a extraer, bien sea estéril o mineral. El objetivo de dicho diagrama es unir bajo una misma metodología las decisiones tomadas para la selección de bloques en secuencias de largo plazo.

Si bien es cierto que la cantidad de variables que influyen la delimitación de un bloque en una secuencia es mucho más amplia que la anteriormente mostrada, se seleccionaron aquellos puntos más resaltantes mencionados por la Gerencia de Mina, así como otros considerados importantes por el autor.

En la Figura N°35 se aprecia el primer diagrama el cual opta por dos opciones partiendo de la pregunta inicial del cumplimiento de la meta estipulada para el periodo de secuencia, una vez conocido si el bloque a extraer debe ser de estéril o mineral se realizan una serie de preguntas las cuales implican limitantes estructurales, de seguridad y por último variables imperativas para la planificación de

largo plazo como lo son capacidad estipulada en mcb de la maquinaria, existencia de un nivel de desagüe y el mantenimiento de la relación de remoción.

En la Figura N°36 se visualiza el segundo diagrama fruto de la prueba de y error del primer diagrama. A diferencia del primer diagrama se agregó una casilla de pregunta en la línea de decisión del material estéril, la cual dice “¿*está destapando mineral?*” con esta casilla se busca priorizar la extracción de bloques que destapen cuerpo mineral.

En la Figura N°37 está representado el diagrama final a ser utilizado en la secuencia de extracción para el Plan Quinquenal 2017-2021, con la novedad de incluir una última casilla la cual hace referencia a la tolerancia de la ley mineral visible en la Figura N°38.

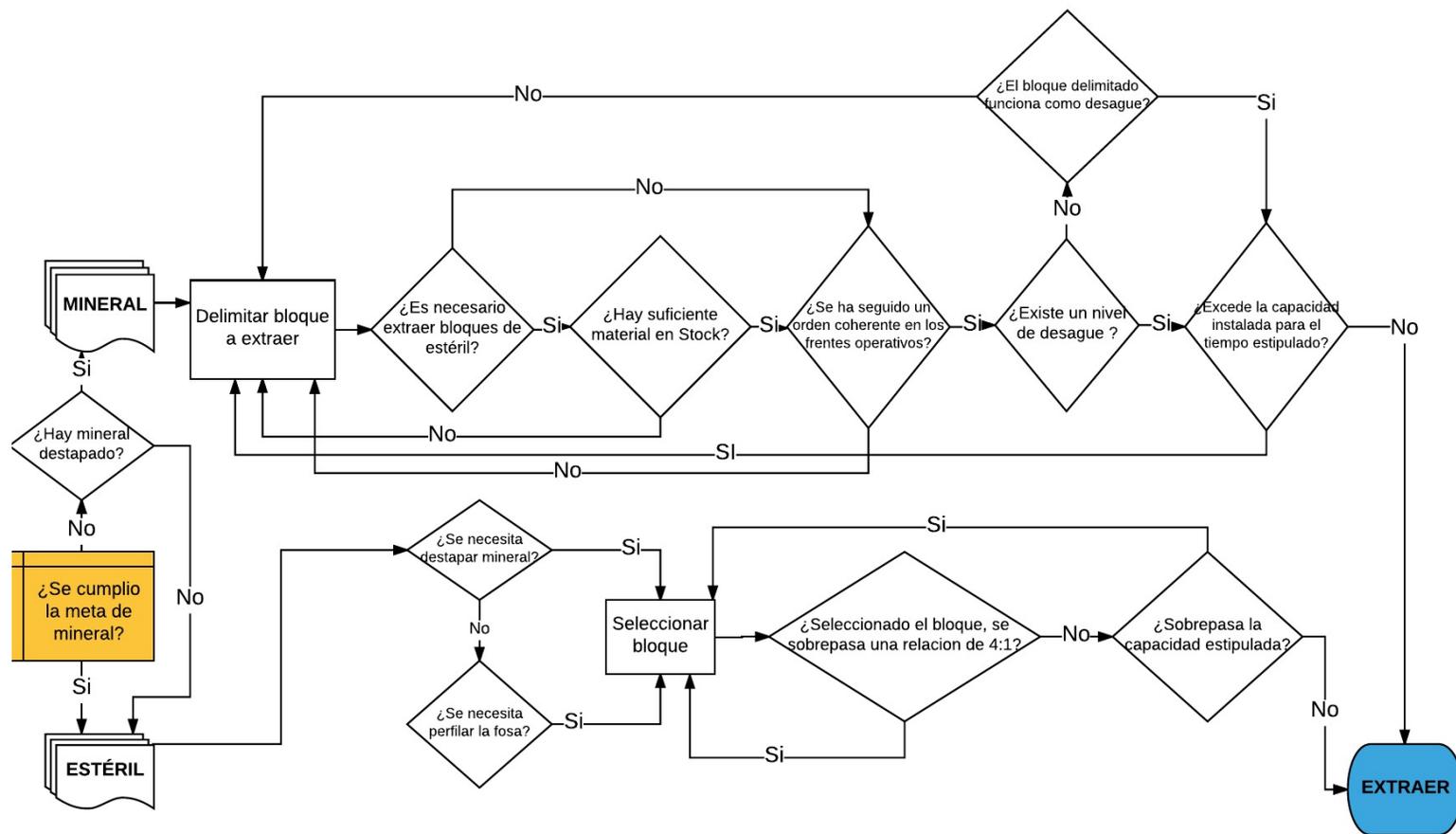


Figura 35 Diagrama de Flujo para la selección y delimitación de bloques N°1.

Fuente: Elaboración propia

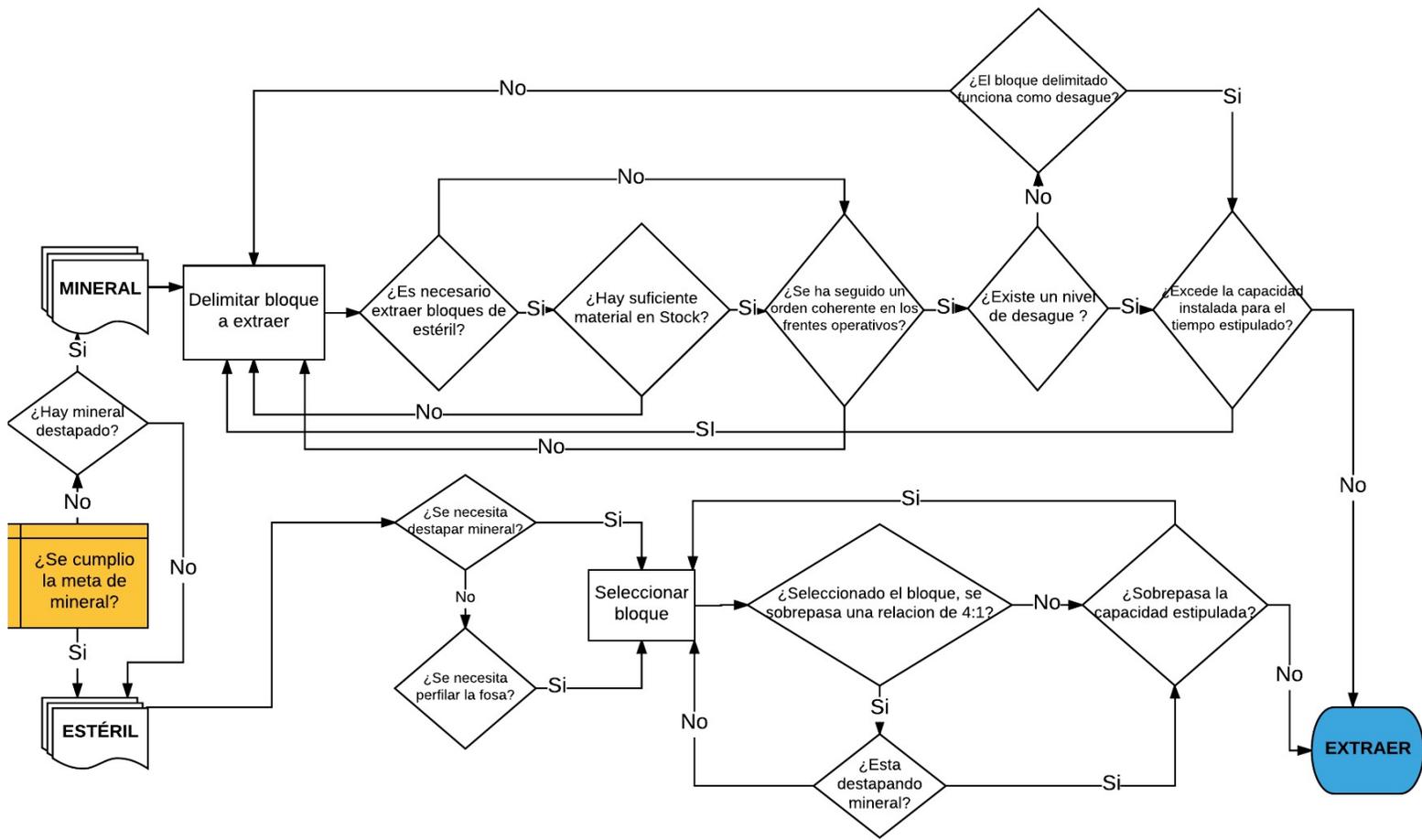


Figura 36 Diagrama de Flujo para la selección y delimitación de bloques N°2

Fuente: Elaboración propia

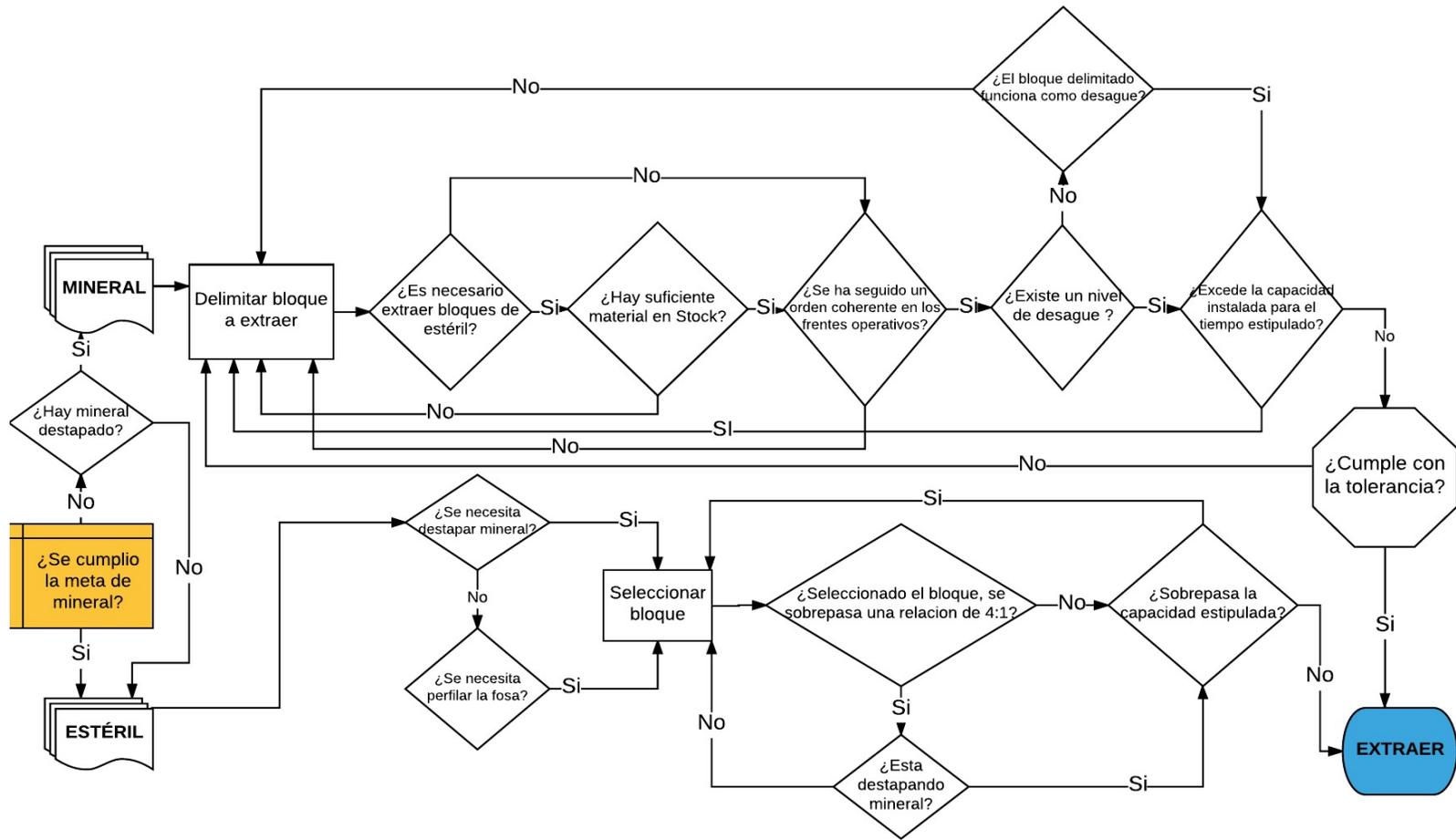


Figura 37 Diagrama de Flujo para la selección y delimitación de bloques N°3

Fuente: Elaboración propia

$$100 \times \frac{[\text{Ley esperada} - \text{Ley Obtenida}]}{\text{Ley esperada}} < \text{Tolerancia seleccionada}$$

$$100 \times \frac{\text{Material extraído hasta el momento (mcb)}}{\text{Capacidad estipulada (mcb)}} = \begin{matrix} \% > 93 = 10\% \text{ de Tolerancia} \\ 33 < \% < 93 = 20\% \text{ Tolerancia} \\ \% < 33 = 30\% \text{ Tolerancia} \end{matrix}$$

.Figura 38 Ecuaciones utilizadas para el cálculo de la tolerancia en la ley del mineral extraído. Fuente: Elaboración propia.

El uso de una tolerancia progresiva genera una tendencia a extraer bloques de mineral con una ley más cercana a la planificada para el periodo a medida que se acerca al límite de la capacidad estipulada por lo equipos.

5.5 Delimitación de bloques en la secuencia de extracción e interfaz

El proceso para la selección, división y programación en el calendario de los bloques a extraer posee un orden preestablecido. La Gerencia de Planificación diseña una tabla la cual fue modificada por el autor con varias de las variables asociadas anteriormente mencionadas para marcar las limitaciones físicas de los equipos, así como las cifras necesarias a cumplir plazo por plazo el Plan Quinquenal. A continuación en la Figura N°39 se enumeran en círculos las diferentes casillas de la tabla anteriormente mencionada y posterior a esta se nombran y explican cada uno de ellas.

		Quinquenal		ton/día								
Mena	132%	(1) 589.618	(6) Oro Kg	(7) 31.751	Pala	Camiones	Perf. Vol.	Perf. CG	Cam. Emulsion	Mineral T	Limite mcb	
Ley		(2) 2,49	1.466,25	(8) 102%	2	8	1	1	50	448.219	1.400.000	
Esteril		(3) 2.267.984							(14)			
Relacion		(4) 3,85	(10) 2,88	(9) 78%								
Volumen	71%	(5) 993.921	TOTOAL (T)	2.857.603	2	3	4		5	6	7	
Pit	Banco		Mineral	Esteril	Alta Ley				Mediana Ley			
		(13)	(11) %	(12) %	mcb	ton	g/t	g	mcb	ton	g/t	
RK 165,0	N6	RK165N6	0%	75%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 165,0	N4	RK165N4	0%	70%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 165,0	N3	RK165N3	0%	40%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 165,0	N2	RK165N2	0%	90%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 165,0	N1	RK165N1	0%	50%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 160,0	N6	RK160N6	100%	100%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 160,0	N5	RK160N5	0%	70%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 160,0	N4	RK160N4	0%	70%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 160,0	N3	RK160N3	0%	70%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 160,0	N2	RK160N2	0%	55%	0	0	0	0	0	0	0	
RK 160,0	N1	RK160N1	0%	50%	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 39 Tabla para la secuencia de extracción. Fuente: Elaboración propia.

1. Cantidad en toneladas presente en la secuencia seleccionada, a su izquierda el porcentaje de la meta para ese plazo estipulado.
2. Ley mineral promedio de los bloques seleccionados en secuencia.
3. Cantidad en toneladas de estéril presente en la secuencia seleccionada.
4. Relación de remoción en la secuencia seleccionada.
5. Volumen total en mcb de toda la secuencia a extraer, así como el porcentaje que este representa en relación a la máxima capacidad disponible para el momento.
6. Cantidad de oro en kilogramos presente en la secuencia seleccionada.
7. Cantidad de toneladas que se necesitan mover por día si se plantea extraer dicha secuencia.
8. Porcentaje de oro que representa la cantidad extraída en relación con la meta estipulada para ese periodo.
9. Tonelaje total de la secuencia seleccionada así como el porcentaje que este representa en relación a la máxima capacidad disponible para el momento.
10. Densidad promedio de la secuencia seleccionada.
11. Porcentaje a extraer de la sección mineral del bloque elegido.
12. Porcentaje a extraer de la sección de estéril del bloque elegido.

13. Etiqueta dada a cada bloque, formada por las siglas de la fosa, nivel y panel al que pertenece respectivamente. Las siglas RK y CO se asocian con Rosika y Coacia correspondientemente.

14. Cantidad de camiones de emulsión necesarios para detonación del volumen seleccionado en la secuencia.

Cada una de las variantes está asociada a una tabla resumen donde se recopilan los datos de cada mes, trimestre o año para después ser analizadas y comparadas entre sí, con una perspectiva a lo largo del tiempo mediante gráficas. El proceso de selección de bloques se realiza utilizando DataMine en conjunto el diagrama de flujo y la tabla mencionada, generando una matriz de opinión que cumple la tarea de alertar al planificador cuando la secuencia de bloques elegida incumple ya sea la capacidad estipulada, las metas propuestas para el plan o los elementos de seguridad planteados. Es importante recalcar que por sí solos estos elementos no hacen el trabajo y dependen del ojo entrenado del usuario para identificar situaciones en las que se incumplen los patrones estipulados. Ni el programa, ni el diagrama impedirán la selección de un bloque para la secuencia.

5.6 Presentación e interpretación de datos arrojados

Para su mejor comprensión se presentan los datos recopilados en las tablas resumen para mejor análisis de los mismos. La forma como se organiza el Plan Quinquenal es la siguiente: un nivel de detalle que se realiza mensual para el primer año; el segundo nivel correspondientemente al segundo año se trabaja de forma trimestral; y un tercer nivel que incluye los últimos tres años, los cuales se valoran de forma anual.

5.6.1 Año 2017

La información presentada en la Figura N° 40 y la Tabla 10 pertenecen al resumen de datos en la secuencia del primer año del Plan Quinquenal, la misma está organizada y separada de forma mensual.

Tabla 10 Resumen de la secuencia del 2017, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10

Mes	Mineral (T)	Total (T)	Estéril (T)	Oro (Kg)	Stock (T)
Enero	134.162	604.591	470.429	313,79	33.067
Febrero	152.943	552.644	399.700	200,16	84.915
Marzo	109.555	509.705	400.150	182,50	93.374
Abril	136.018	495.751	359.733	237,46	128.296
Mayo	149.816	652.616	502.800	380,82	177.017
Junio	132.078	646.117	514.039	256,31	207.999
Julio	103.830	567.342	463.513	288,62	210.733
Agosto	191.255	552.473	361.218	318,40	300.893
Septiembre	129.248	639.422	510.174	293,09	329.045
Octubre	141.399	676.862	535.463	256,21	369.348
Noviembre	140.833	661.867	521.034	303,78	409.085
Diciembre	116.513	655.581	539.068	233,85	424.503
Total	1.637.649	7.214.970	5.577.321	3.264,98	424.503
% de la meta	112,90 %	99,48 %	96,13 %	83,99 %	178 %
Relación	3,41				
Ley g/T	1,99				

Fuente: Elaboración Propia

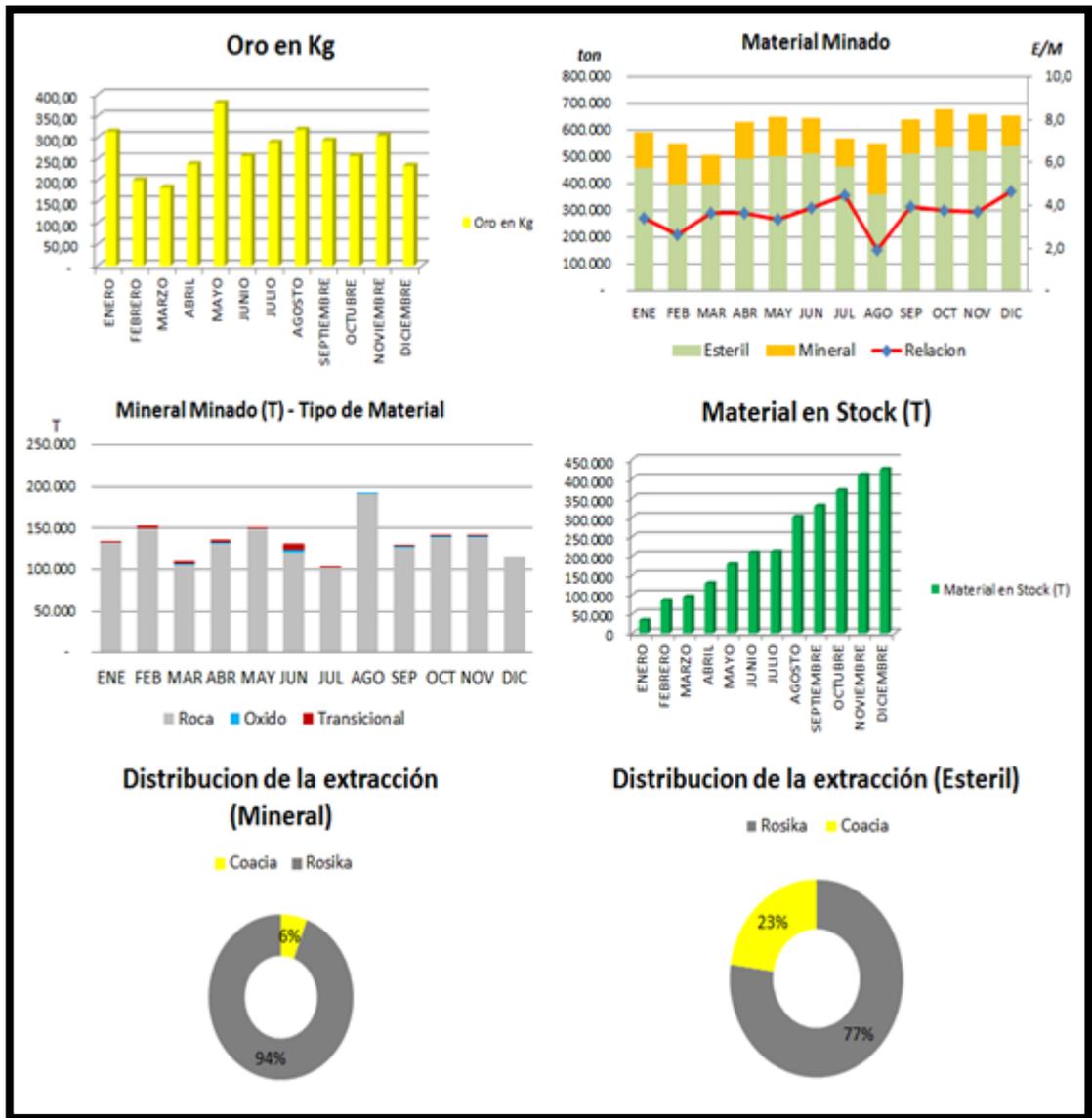


Figura 40 Resumen Gráfico de la secuencia del 2017. Fuente: Elaboración propia.

Durante el primer año de la explotación se observa referenciados en la selección de bloques un nivel de detalle que no puede ser apreciado en los años siguientes debido al nivel de descripción generado para una secuencia mensual. Como primer punto hay que resaltar que las reservas de mineral Transicional y Óxido se encuentran superficialmente y en su mayoría en el *pit* Coacia, por lo que resulta predecible conseguir mayor cantidad de mineral de estas unidades extraído en los meses donde

se le ha dado mayor énfasis a esta fosa, sobre todo en los primeros 6 meses del año donde se presenta la estación seca. Coacia es propensa a acumular agua por lo que se considera como prioridad extraer durante los meses de estación seca, bombeando así el agua al nivel de achique de Rosika durante estos meses.

Se puede observar la inexistente relación directamente proporcional entre la cantidad en toneladas de mineral minado y los kilogramos de oro extraídos, debido a que los afloramientos en ambas fosas poseen distintas variaciones en la tendencia profundidad-ley. Del mismo modo se trabajan diferentes áreas de la fosa que influyen el contenido de gramos de oro por tonelada. Durante el 2017 la fosa de Coacia se encontró con una topografía desnivelada, así como un rezago en el destape de mineral, por lo que se procede a enfatizar en el destapado de mineral. Observando las gráficas de distribución entre ambas fosas, se puede apreciar que solo un 6 % de la totalidad del oro extraído en el 2017 proviene de Coacia a pesar que esta posea el 15 % de las reservas totales, sin embargo el 23 % de todo el estéril extraído proviene de esta fosa, dejando en evidencia el retraso en las operaciones de destapado de mineral. Este tipo de acciones propicia un buen número de frentes operativos para la extracción de mineral.

Debido a que existe una evolución positiva del material en stock (para planta) y que se tendrá un superávit en la extracción mineral de 112 %, se puede esperar que la cantidad de material en el patio de almacenamiento sea superior a la esperada, lo cual puede ubicarse en 178 % de la meta estipulada. Es importante denotar que a pesar de que se excede la meta propuesta por el Plan Quinquenal, no se excedió la capacidad física de los equipos disponibles, como se puede observar en la Tabla 11. Las capacidades mencionadas en dicha tabla fueron ajustadas a aquella cantidad de máquinas disponibles así como sus índices respectivos de KPI. A pesar de verse los porcentajes de utilización cercanos al máximo 100 %, todavía no es necesario el ingreso de equipos adicionales para la flota en circulación.

Tabla 11 Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2017.

Mes	T	mcb	Capacidad mcb	% de Utilización
Enero	604.591	226.482	233.128,00	97,15 %
Febrero	552.644	225.645	233.128,00	96,79 %
Marzo	509.705	233.110	233.128,00	99,99 %
Abril	495.751	231.936	233.128,00	99,49 %
Mayo	652.616	232.194	233.128,00	99,60 %
Junio	646.117	231.020	233.128,00	99,10 %
Julio	572.506	227.089	233.128,00	97,41 %
Agosto	547.309	232.925	233.128,00	99,91 %
Septiembre	639.422	227.599	233.128,00	97,63 %
Octubre	676.862	232.825	233.128,00	99,87 %
Noviembre	661.867	233.043	233.128,00	99,96 %
Diciembre	655.581	229.403	233.128,00	98,40 %

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los aspectos a resaltar dentro de la Tabla 10, es que aunque la meta estipulada en kilos de oro no es lograda, a pesar de haber superado en un 12,9% de aquella esperada para la extracción del minera, es debido a que los bloques seleccionados para este periodo poseen leyes minerales inferiores a aquella promedio esperada por el equipo de planificación. Más adelante, la ley mineral (correspondiente) a todo el año 2017, que se espera sea de 1,99g/T sigue siendo inferior a 2,68g/T que se ha planificado. La causa de esto, es debido a la propia naturaleza del yacimiento, el cual presenta concentraciones más altas de mineral entre los niveles 150 y 130. Las diferencias entre los posibles resultados y las premisas del Plan Quinquenal, también se deben a que este último fue estructurado para considerar la explotación de la fosa Pisolita que posee concentraciones de mineral y características distintas a las de Rosika y Coacia.

Por último se presenta en la Figura N° 41 una sección de perfil de ambas fosas para finales del 2017.

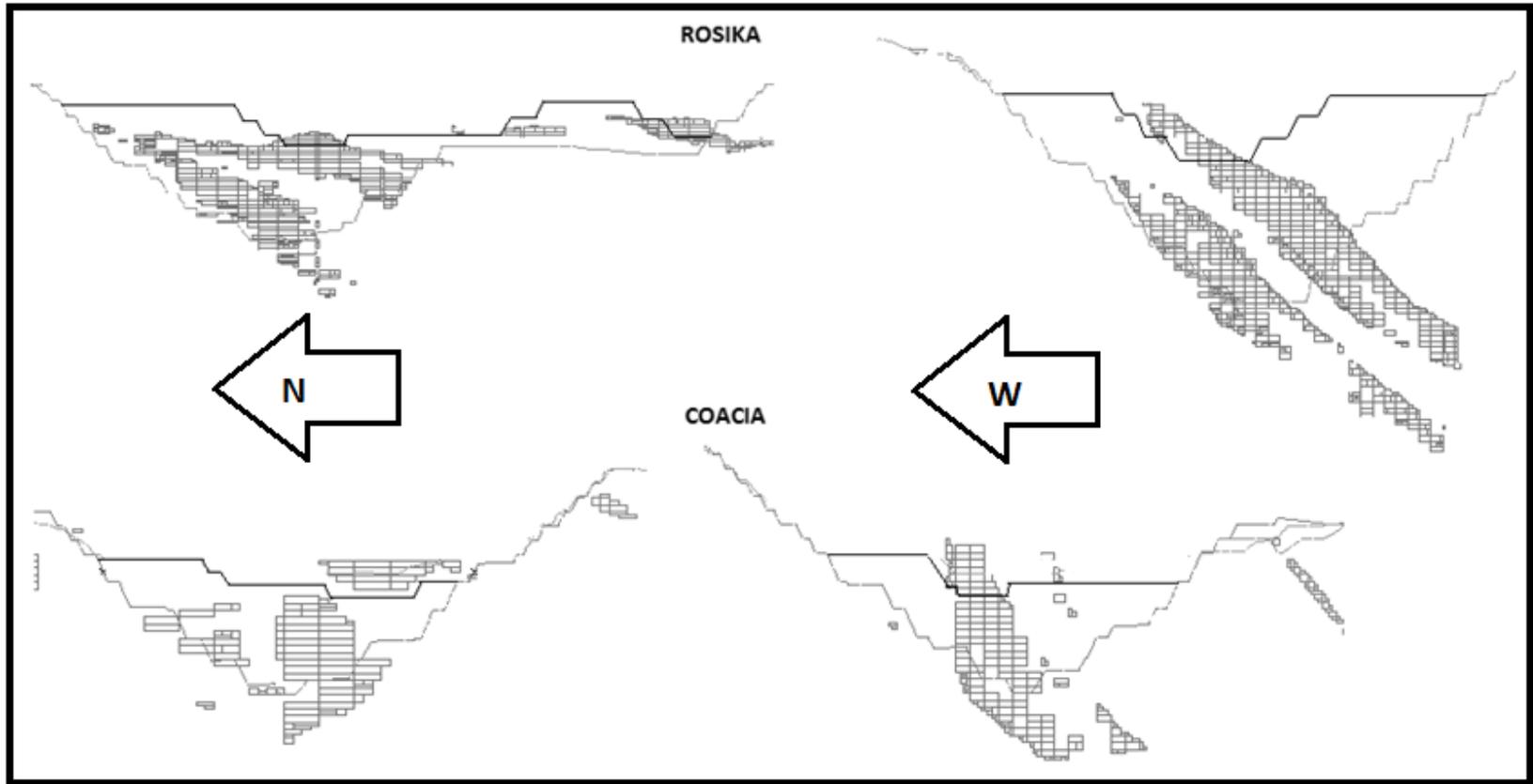


Figura 41 Perfil de Rosika y Coacia a finales del 2017. Fuente: Elaboración Propia

Se observa como en las partes más bajas de la fosa, se “persigue” la mineralización del yacimiento para mantener una relación de remoción baja y un estilo de banqueo que persigue el cuerpo mineralizado, el cual continúa así el método de baja relación de remoción. El área destinada al destape de las capas minerales se encuentra en niveles superiores debido a su menor prioridad en esta etapa del Plan Quinquenal. La meta será ir trasladando el avance de este frente y destapado de mineral de oeste a este, siguiendo el buzamiento de la capa mineralizada, esto con el fin de no causar inconvenientes en la extracción de mena para los periodos siguientes de la explotación.

5.6.2 Año 2018

La información presentada en la Figura N° 42 y la Tabla 12 pertenecen al resumen de datos en la secuencia del segundo año del Plan Quinquenal, la misma está organizada y separada en 4 trimestres. Con un nivel inferior de detalle, el año 2018 no permitirá observar elementos cambiantes mes a mes, sin embargo mostrará otras variantes a medida que se avanza en profundidad con el yacimiento.

Tabla 12 Resumen de la secuencia del 2018, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10

Trimestre	Mineral (T)	Total (T)	Estéril (T)	Oro (Kg)	Stock (T)
Trimestre N°1	661.046	2.803.136	2.142.090	1.482	637.329
Trimestre N°2	650.524	2.793.188	2.142.664	1.310	839.634
Trimestre N°3	617.024	2.719.729	2.102.705	1.478	1.008.438
Trimestre N°4	589.618	2.857.603	2.267.984	1.466	1.149.838
Total T	2.518.212	11.173.656	8.655.444	5.735	1.149.838
% de la meta	117,47 %	104,25 %	101 %	99,83 %	195,51 %
Relación	3,44				
Ley g/t	2,28				

Fuente: Elaboración Propia.

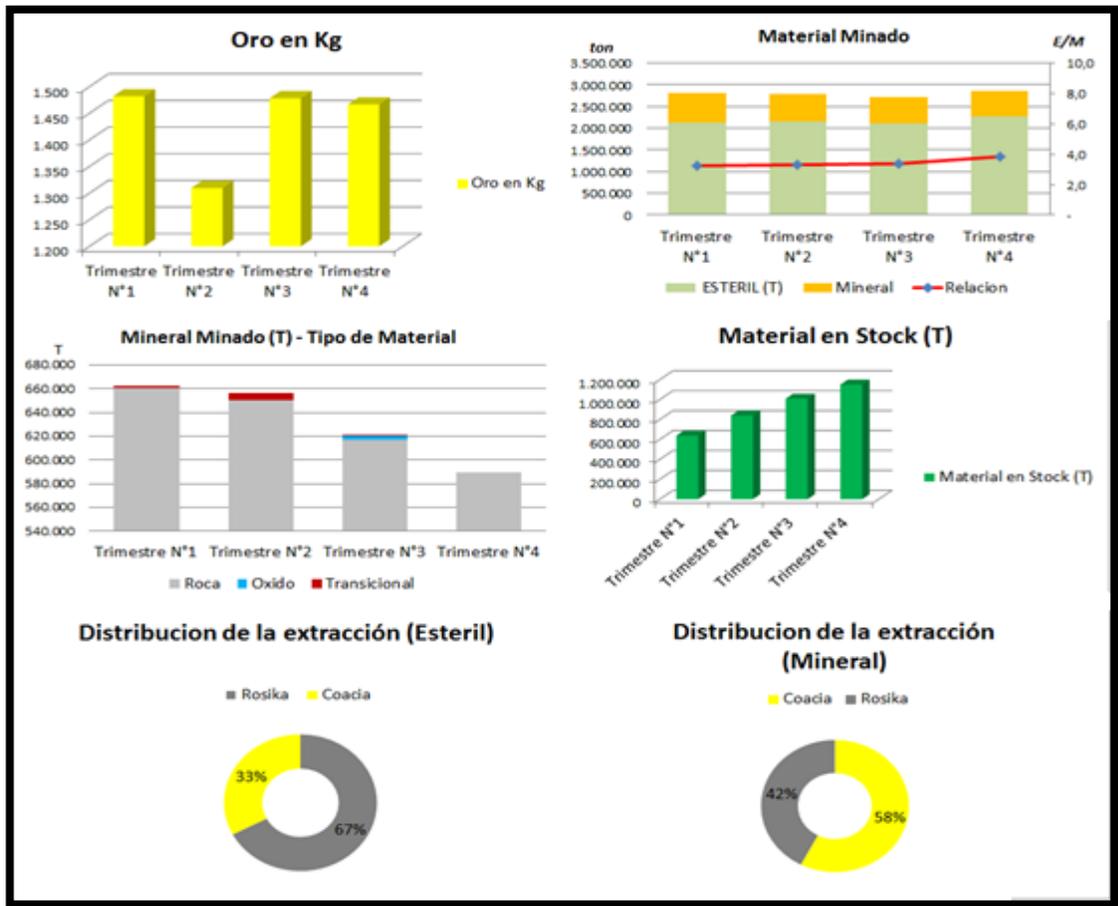


Figura 42 Resumen Gráfico de la secuencia del 2018. Fuente: Elaboración propia.

Para comenzar en la planificación del 2018, el primer elemento a considerar es el aumento de la capacidad en el procesamiento de planta. Tomando en cuenta, los mismos niveles de utilización de las maquinas que en 2017, resulta completamente necesario la incorporación de más equipos a la flota disponible. En este contexto, se recomienda agregar una nueva retroexcavadora, más cuatro camiones Terex de 37 m³ c/u. Esta dupla de retroexcavadoras permitirá la acción simultánea en diferentes frentes operativos, obteniéndose así la disminución de los tiempos de movilización y aumento de la utilización de los equipos. Estas dos últimas variables para los efectos de este trabajo no serán incluidas para el análisis de escenarios.

Al igual como sucedió en 2017, los dos primeros trimestres de explotación, deben ser aprovechados para la extracción de mineral en su mayoría de la fosa

Coacia, lo cual se puede ver reflejado en los niveles de mineral oxidado y transicional, que a pesar de que son bajos dejan la señal peculiar de material extraído en dicha fosa. Tomando en consideración a los trabajos de destape del mineral realizados en el año anterior, los cuales abarcaron un 23 % de todo el estéril removido en Coacia, por lo que para el año 2018 se espera exista mayor amplitud en los frentes operativos para la extracción del mineral.

Lo mencionado tiene coherencia al revisar la distribución de extracción de mineral entre las dos fosas, observando de esta manera que un 58 % de todo el mineral extraído provendrá de Coacia por lo que queda en evidencia que después del intenso desarrollo en el 2017, las capas mineralizadas quedarán descubiertas permitiendo un mejor aprovechamiento de ésta en el siguiente año. En el caso opuesto, Rosika para su gran extensión esta solo contribuirá con el 42 % de todo el mineral extraído, dejando en evidencia un trabajo más intenso siempre con la mira en garantizar el suministro mineral para los siguientes años.

La cantidad de oro extraído se mantiene estable, con excepción del segundo trimestre dónde existe un déficit de cerca de 200 kg de oro causado por la extracción de bloques de una ley inferior a la esperada en sectores de la fosa Rosika. Acercándose este año más aun a la meta propuesta en el Plan Quinquenal, la cantidad extraída en la secuencia queda 0,17% por debajo de lo esperado, lo cual indica un aumento en la concentración de oro existente en los bloques seleccionados en relación con el 2017. Esta acotación va de la mano con la Ley media del 2018 que pasa a ser 2,28 g/T, por lo que se corrobora así la hipótesis planteada que la concentración mineral irá en aumento a medida que se profundicen en niveles en ambas fosas.

Debido a la incorporación de los nuevos equipos a la flota el índice de disponibilidad física cambiará, no solo por la existencia de equipos nuevos en circulación sino por el envejecimiento de los ya existentes, es por eso que se calcula un promedio ponderado entre ambas disponibilidades teniendo como premisa que son la misma cantidad de máquinas entre ambas generaciones. En la Tabla 13 se puede

apreciar cómo cambia la capacidad trimestral al añadir los nuevos equipos, donde la disponibilidad física promedio pasará a ser 83 %

Tabla 13 Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2018.

	T	mcb	capacidad	% de Utilización
Trimestre N°1	2.803.136	1.072.067	1.382.311	78 %
Trimestre N°2	2.793.188	1.071.416	1.382.311	78 %
Trimestre N°3	2.719.729	1.159.135	1.382.311	84 %
Trimestre N°4	2.857.603	993.921	1.382.311	72 %

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia del año 2017 los porcentajes de utilización disminuirán debido al aumento en la capacidad operativa para extraer mineral, la cual cumple con la demanda de planta de mineral. La cantidad de material en los patios de almacenamiento se mantiene en una tendencia estable de crecimiento, que si bien es cierto está por encima de los niveles esperados, estos resultados son debido a los buenos resultados que se lograrán de las metas en extracción de mineral planteadas para el 2018, los niveles en stock para la fecha se estipulan superen en un 95 % por encima de lo planeado.

Por último se establece que para el año 2019 se equilibre la cantidad de mineral extraído entre ambas fosas y vuelva a un curso predecible en el que la mayor cantidad de mineral provenga de Rosika. En la Figura N° 43 se puede observar un perfil de las fosas para finales del 2018.

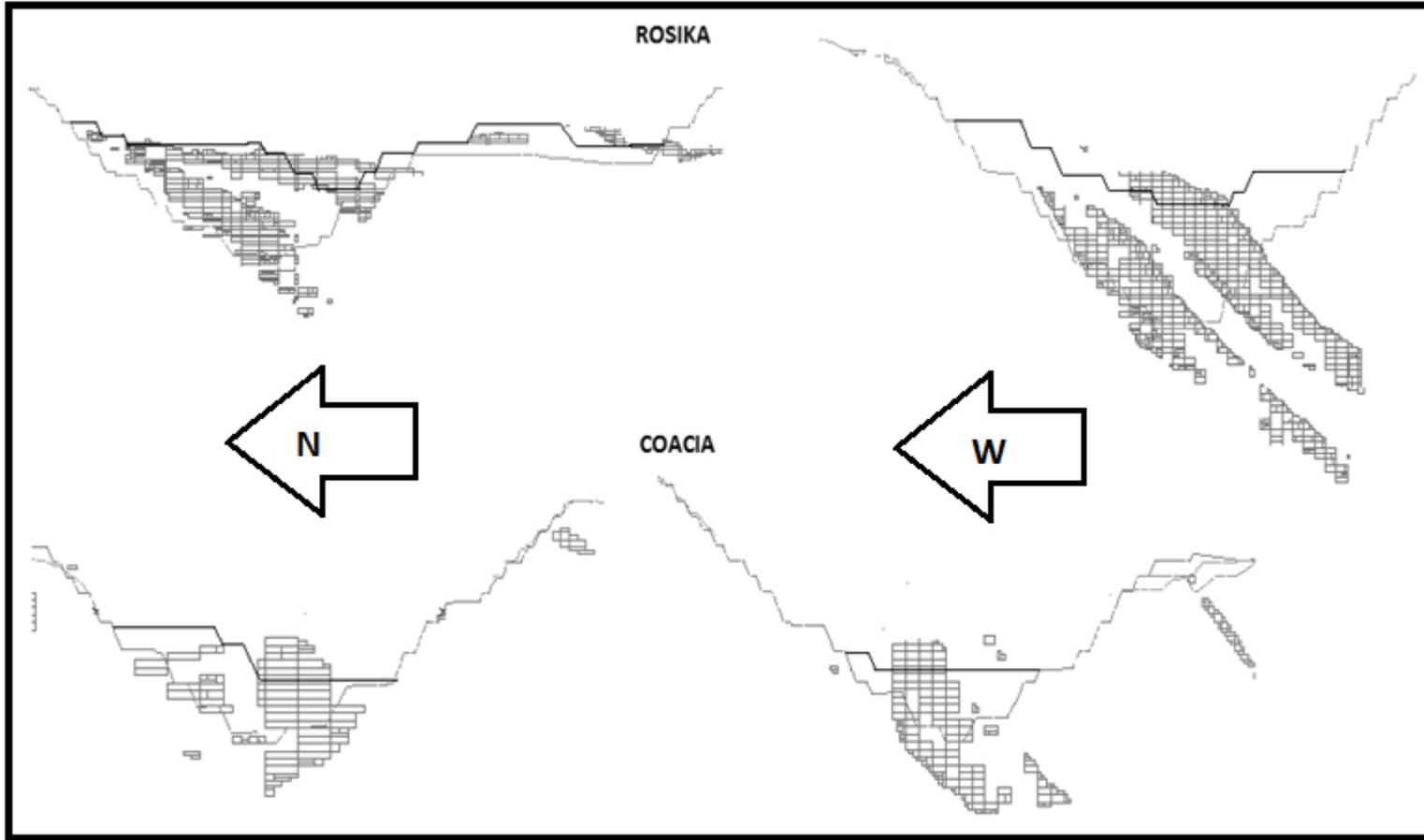


Figura 43 Perfil de Rosika y Coacia a finales del 2018. Fuente: Elaboración Propia.

Los elevados porcentajes de extracción mineral en Coacia no solo son causados por su desarrollo en etapas previas sino también por un bajo aporte de mineral por parte de las operaciones desarrolladas en Rosika durante el año 2018. Como se aprecia en la Figura N°40 existirá un desarrollo en el destapado de mineral para garantizar la extracción en los años subsiguientes. Los niveles elevados de extracción en Coacia empiezan a dejar una secuencia más dominante reflejada en los niveles mayores de mineral y estéril extraídos. Acercándose a la profundidad indicada previamente de 180 m, en el 2019 la altura de banco cambia al llegar a dicha profundidad en la fosa Coacia. Habiéndose adentrado en profundidades mayores de concentración mineral, la tendencia indica que en el 2019 se encuentra programado los bloques de mayor concentración de dicha fosa, lo que permitirá garantizar el cumplimiento de la meta estipulada para el año en cuestión.

5.6.3 Año 2019

En tercer año del Plan Quinquenal se presenta como variante la capacidad de producción un acrecentamiento de 9.477 toneladas por día, representando una ampliación de 31 % en la demanda de mineral respecto al 2018. En la Tabla 14 y la Figura N° 44 se resume el comportamiento de las variables examinadas en este período.

Tabla 14 . Resumen de la secuencia del 2019, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10.

Año	Mineral (T)	Total (T)	Estéril(T)	Oro (Kg)	Stock (T)
2019	2.746.749	14.549.446	11.802.698	6.802	1.280.846
% de la meta	87,83%	93,04%	94,35%	100,99%	116,45%
Relación	4,30				
Ley g/t	2,48				

Fuente: Elaboración Propia.

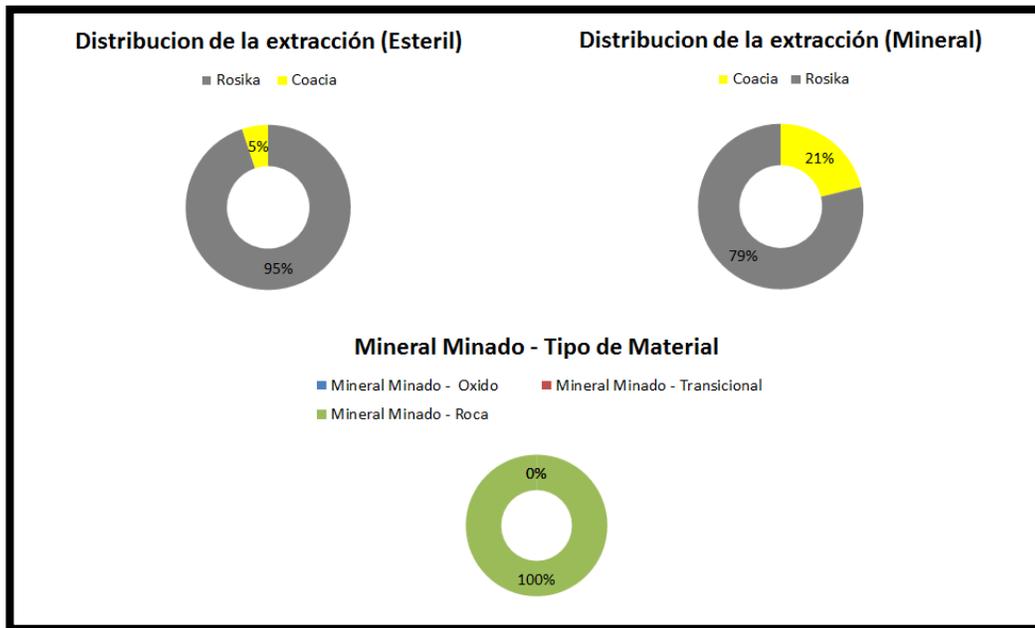


Figura 44 Resumen Grafico de la secuencia del 2019. Fuente: Elaboración propia.

A esta altura del proyecto, los porcentajes de mineral extraído de fases oxidadas o transicionales es inferior al 1 % por eso son inapreciables en la gráfica, puesto que el grueso de la extracción vendrá dado por el mineral en roca. Como anteriormente se menciona, al profundizar en ambas fosas bajo el nivel 150, es posible encontrar los bloques con alta ley mineral, los cuales serán los que permitan alcanzar la meta estipulada en oro sin exceder las cifras dadas en mineral. En el 2019 la cifra de extracción mineral se queda corta de manera programada, contando con el material en *stock* y con el cumplimiento de las cifras de oro en kilogramos. La cantidad de oro en kilogramos planteada en el Plan Quinquenal para este periodo fue rebasada casi 1 %, lo cual indica en conjunto con el superávit de material esperado en *stock* de años anteriores que el déficit en la extracción de mineral no constituye una variable que cause alarma.

Las operaciones de destape de capas minerales así como el rediseño de vías se acercaron considerablemente a la meta descrita por lo que al plantearse esta diferencia de cifras finales entre mineral y estéril, es de esperar que la relación de remoción esté inclinada a un extremo, en este caso se encuentra en 4,3 no debido al

exceso en la extracción de estéril sino a la reducida extracción de mineral por causas anteriormente explicadas. El material en Stock reduce la tendencia de incremento que llevaba en periodos anteriores y se acerca más a los pronósticos previstos colocándose solo un 16% por encima de la cifra planeada, debido a la disminución de la cantidad de mineral extraída en dicho período.

Los equipos incorporados el año previo con un mayor índice de Disponibilidad Física se promedian con los equipos existentes previos a su llegada, colocando una cifra para el manejo” real” de las capacidades operativas, las cuales se pueden observar en la Tabla 15. En la misma se refleja que el índice de utilización es bastante alto, razón por la cual se procura disminuir las cifras de extracción finales de esta año para evitar la expectativa sobre metas ficticias.

Tabla 15 Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2019.

Año	T	mcb	Capacidad mcb	% de Utilización
2019	14.549.446	5.365.742	5.397.588	99 %

Fuente: Elaboración propia.

La meta impuesta de kilogramos de oro se logra obteniendo una Ley media mineral superior a la esperada en el Plan Quinquenal, esto debido a la tendencia que posee el yacimiento de aumento del tenor a medida que se profundizan los niveles.

En la Figura N°45 es observable un corte transversal de las fosas, dejando a la vista el posible avance de las mismas; esto debido a que se pasa de un Método de Relación Baja a un Método de Relación Media, los diferentes niveles empiezan a desaparecer para unificarse en un mismo fondo. Esto puede traer ciertos inconvenientes ya que para el momento se tendrán varios frentes operativos trabajando en la misma superficie, por lo que necesitará una mayor organización y planificación de los espacios disponibles para evitar conflictos y accidentes.

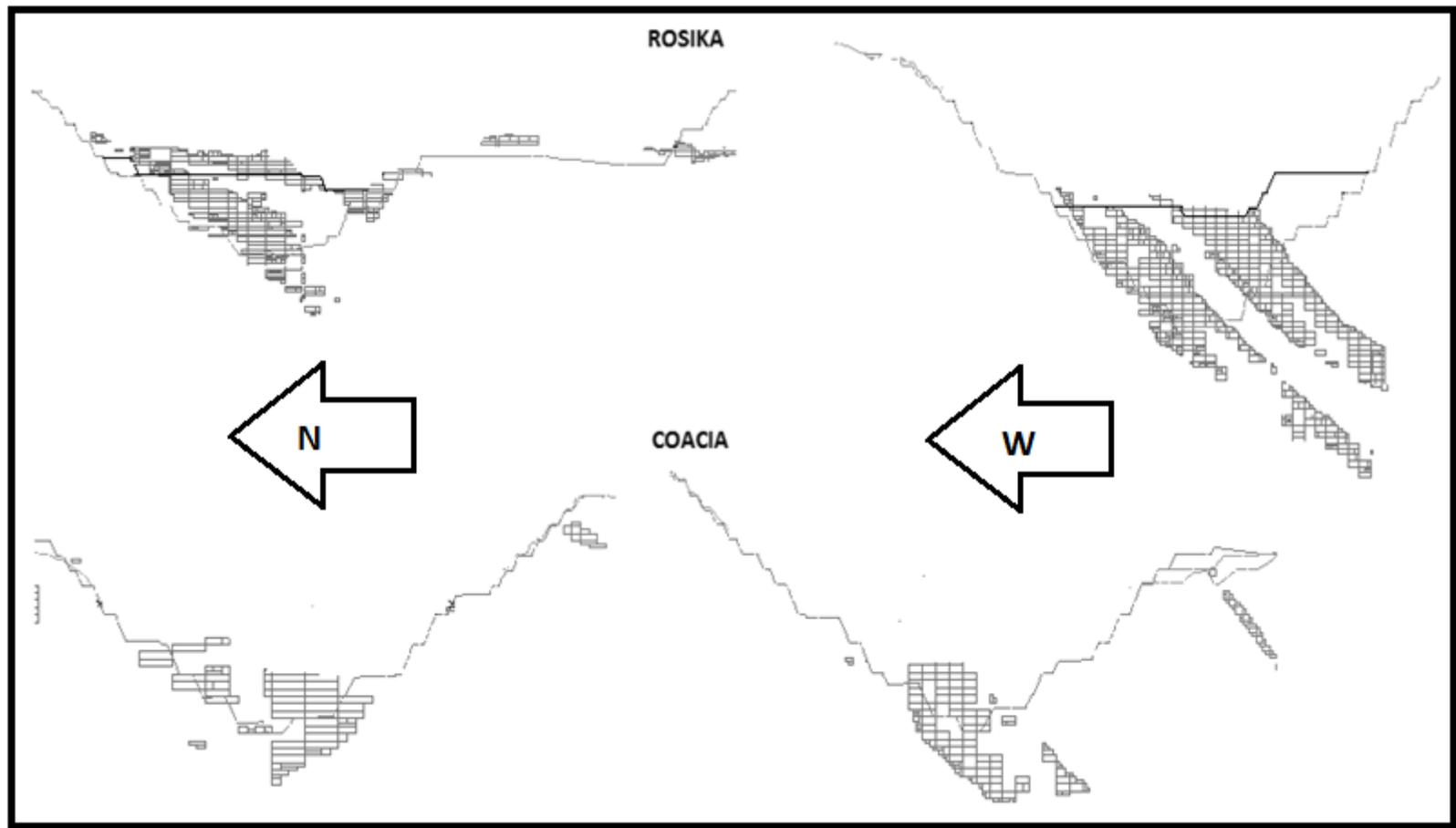


Figura 45 Perfil de Rosika y Coacia a finales del 2019. Fuente: Elaboración Propia

Para finales del año 2019 se espera que se esté llegando al final de las operaciones en Coacia, finiquitando sus reservas y garantizando así el énfasis durante todo el año en las operaciones de Rosika. La depresión en la topografía causada por Coacia será utilizada como propuesta de almacén de ahora en adelante para la temporada lluviosa y evitando así la clausura de niveles en Rosika, ahora que las terrazas hayan sido niveladas casi en su totalidad. El año 2019 se consigue en Rosika su punto más bajo en el nivel 95. Debido a la aceleración de la tendencia antes mencionada, en los siguientes años, se prevé se convierta en el único frente operativo, esto aunado a la cualidad del diseño cónico invertido en la fosa, pues a medida que se profundiza para obtener la misma cantidad de metros cúbicos es necesario extraer más niveles

5.6.4 Año 2020

El año 2020 se presenta como el primer año del Plan Quinquenal con todas las operaciones en una misma fosa, lo cual permitirá de esta manera un mayor énfasis en los distintos procedimientos para la extracción de mineral o estéril. La demanda diaria de planta será de 9.065 toneladas, lo cual representa una reducción de 4,3 % en el uso de la capacidad de esta. Dicha reducción genera un margen operativo estable considerando los altos niveles de utilización en el año 2019 y la reducción gradual de la disponibilidad física. Si a estas afirmaciones, se le agregan que esta operación ha llegado a los niveles de mayor concentración de oro en conjunto con un superávit en los niveles de *stock*, entonces estaremos en un escenario donde el cumplimiento de las metas anuales de mineral extraído no tiene un peso tan contundente como en años previos, debido a que la misma meta de kilogramos de oro puede cumplirse con menos mineral y la planta de procesamiento obtiene más mineral a lo programado. Como se presentan en la Tabla 16 se puede ver un resumen acerca del comportamiento de las variables examinadas en este período.

Tabla 16 . Resumen de la secuencia del 2020, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10.

Año	Mineral (T)	Total (T)	Estéril (T)	Oro (Kg)	Stock (T)
2020	2.885.544	14.478.890	11.593.346	6.494	1.664.377
% de la meta	92,26 %	92,59 %	92,67 %	96,43 %	96,463 %
Relación	4,02				
Ley g/t	2,25				

Fuente: Elaboración Propia

En esta ocasión no hacen falta graficas que ilustren la distribución en la extracción de mineral y estéril entre las dos fosas porque como se ha explicado anteriormente, Coacia tiene estipulado terminar operaciones para finales del 2019. El desarrollo del destape mineral ejecutado en el 2019 debe ser continuado en el 2020 para que permita garantizar en el año 2021 la cantidad necesaria de mineral en la demanda de planta, a pesar de la disminución en la disponibilidad física de los equipos. Es por ello que la relación de remoción sobrepasa la línea estipulada de 4:1, manifestando de esta manera una leve inclinación hacia la extracción de estéril en el 2020.

Las metas de extracción mineral y oro así como de estéril no se cumplen durante el periodo de 2020 ya que la utilización de los equipos llega a un tope de 98% (Tabla17), que no permite llegar a las cifras indicadas, sin embargo se decide que las operaciones de destapado de mineral fueron posicionadas estratégicamente, de modo que se pueda garantizar un nivel alto en la extracción de mineral para el 2021. Gracias al diseño generado de la fosa de Rosika, para los años finales de la explotación o más específicamente para los últimos 100 metros de la fosa, si el proceso extractivo es bien desarrollado, se espera que los niveles con estéril se vean reducidos en cada uno, generando al final un descenso en la relación de remoción total.

Tabla 17 Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2020.

Año	T	mcb	Capacidad	% de Utilización
2020	14.478.890	5.184.759	5.265.949	98%

Fuente: Elaboración Propia.

En este periodo, por primer año los niveles de material en *stock* se encontrarán por debajo de lo planificado. Esto es causado por la disminución de las cifras del mineral extraído durante este año y han de generar una reposición negativa de la capacidad del patio de almacenamiento. Aunque la diferencia no es importante, debido a que es menor del 4 % lo que separa esta cifra de la estipulada, sigue siendo necesario mantener las cifras cercanas a aquellas planificadas, ya que existen faces de expansión posteriores al 2021 que pueden requerir de este material en *stock* para los meses que se busca un reacomodo de la línea de producción.

Para finales del 2021 se espera tener una imagen similar a la que se presenta en la Figura N°46. El diseño de terrazas se deja atrás ya que el diseño de fosa nos permite mejorar la selección de mineral, disminuyendo de esta manera la relación de remoción para los periodos siguientes y permitiendo uniformidad en la selección de bloques y el arranque de paneles completos sin necesidad de seccionarlos.

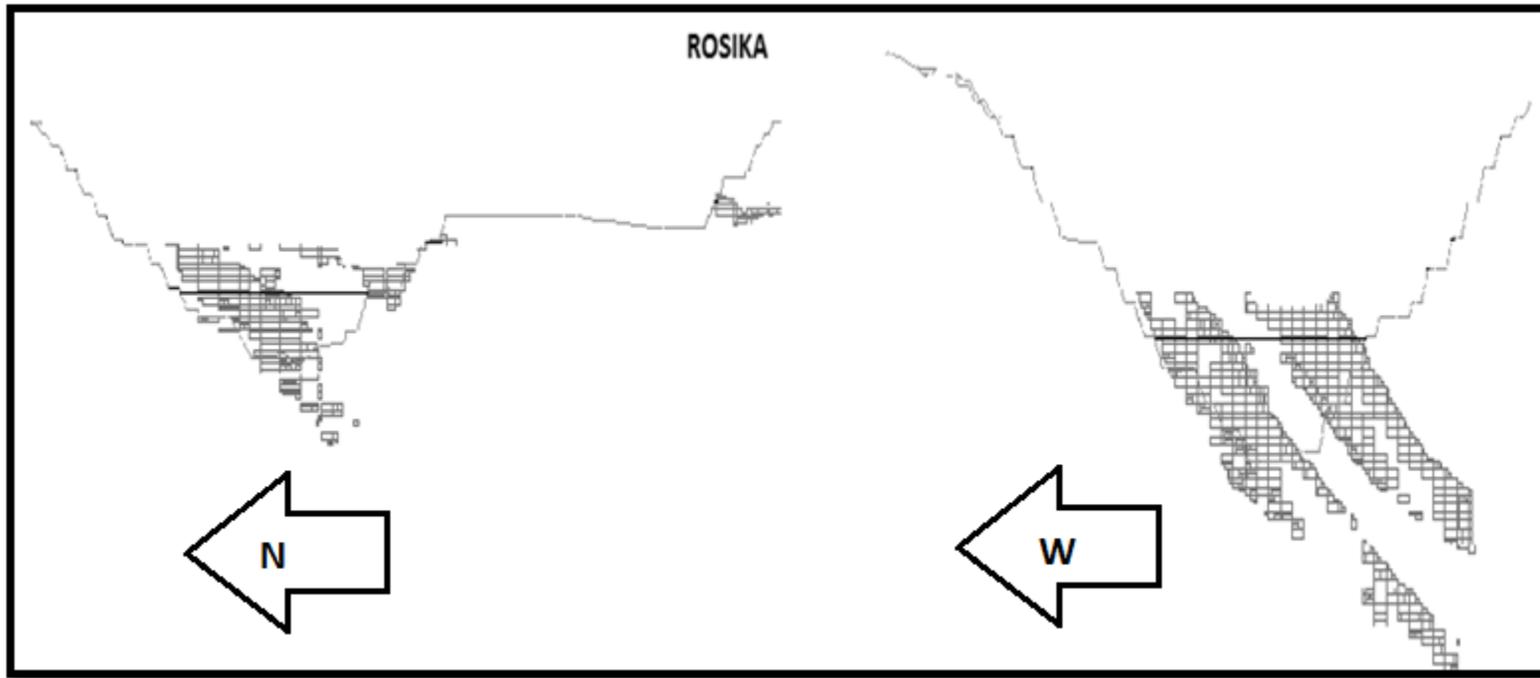


Figura 46 Perfil de avance de la fosa Rosika a finales del 2020. Fuente: Elaboración Propia

5.6.5 Año 2021

El último año del Plan Quinquenal no presenta cambios importantes en la demanda de mineral con respecto al año anterior. Al encontrarse en los últimos 150 metros de profundidad el diseño permite una relación de remoción más baja, facilitando las operaciones por no tener que movilizar tanto material entre mineral y estéril para lograr la meta prevista. En la Tabla 18 se muestra un resumen del comportamiento de las variables examinadas en este período.

Tabla 18 . Resumen de la secuencia del 2021, Plan Quinquenal Bloque Guasipati-El Callao, Mina Choco 10.

Año	Mineral(T)	Total (T)	Estéril (T)	Oro (Kg)	Stock (T)
2021	3.253.056	8.103.605	4.850.549	7.702	2.415.421
% de la meta	104,01 %	51,82 %	38,77 %	111,26 %	102,74 %
Relación	1,49				
Ley g/t	2,37				

Fuente: Elaboración Propia

Si observamos la Figura N° 47 se destaca la cantidad de reservas removidas hasta el final del 2020 así como las restantes para ser extraídas.



Figura 47 Perfil de avance de la fosa Rosika a finales del 2020. Fuente: Elaboración Propia

Si bien saber que en 4 años de extracción se ha procesado 70 % de las reservas existentes, el gráfico siguiente de la Figura N° 48 nos indica más detalladamente cómo será el aumento de la producción durante estos años.

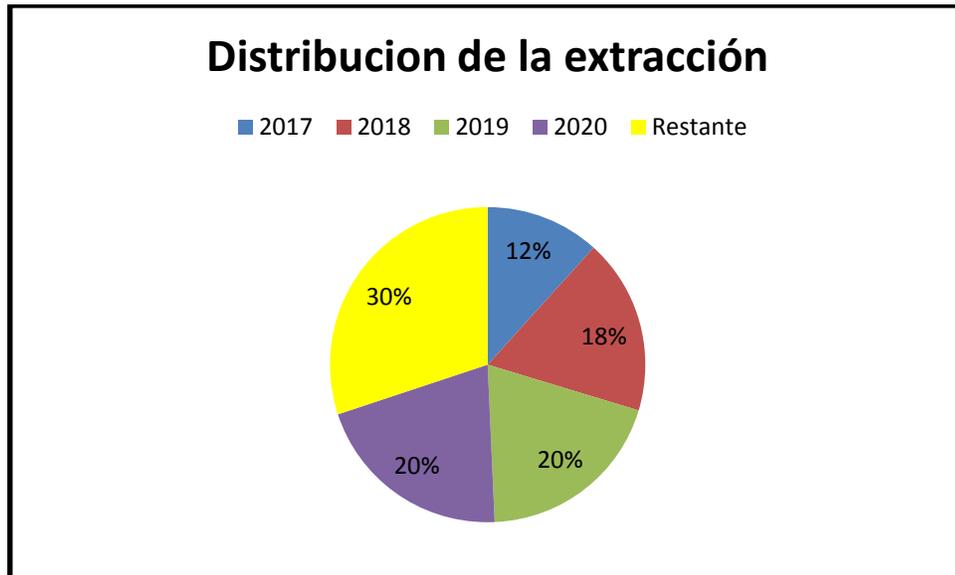


Figura 48 Distribución de la extracción a lo largo de los primeros 4 años. Fuente: Elaboración Propia.

Al observar la evolución de la cantidad de mineral extraída anualmente y aunado a que la meta mineral para los años 2018 y 2019 es la misma que para el 2021, se puede inferir que para finales del 2021 solo quedará el 10 % de las reservas de ambas fosas si se mantiene el ritmo previsto de extracción.

Las metas de extracción mineral se cumplen sobrepasando más de 4 % la cifra estipulada, acción facilitada debido a la baja relación de remoción existente en la fase final de la fosa. Con una Ley mineral promedio de 2,3 g/t se sobrepasa los niveles esperados por la Gerencia General y la cantidad de oro recuperada en este periodo será de 7.702 kg, superando por 11% la meta planteada y reponiendo así los pasados periodos donde no se había llegado a la cifra estipulada. Con una mayor extracción de lo estipulado es de esperar un aumento en los niveles de *stock*, quedando en un 2 % por encima de lo planificado. Por otra parte, se cumple lo predicho en periodos anteriores puesto que la relación de remoción llega a de 1,49:1, lo que genera una carga menor sobre los equipos durante el año viéndose reflejado en la utilización de éstos en la Tabla19.

Tabla 19 Comparación de los volúmenes movidos con las capacidades disponibles para el 2021.

Año	T	mcb	Capacidad mcb	% de Utilización
2020	8.103.605	2.816.705	5.134.300	53 %

Al tener una menor cantidad de estéril asociada en un panel a aquella necesaria de mineral a extraer, los volúmenes y tonelajes a transportar disminuirán, por lo que harán falta menos viajes de un mismo camión para cumplir esta tarea.

Para el año 2022 solo quedará el 7 % de las reservas totales entre Rosika y Coacia, lo que representa un 8 % de las reservas estipuladas en Rosika. Con esto se finaliza el último período de este Plan Quinquenal y se entra en la etapa final de la vida de esta fosa, disminuyendo la utilización de los equipos, se necesitará menos personal para realizar tareas esenciales, el volumen removido también disminuye, trayendo como consecuencia un abaratamiento de los costos de producción. En la Figura N°49 se observa una vista del perfil del diseño para finales de 2021 en Rosika. Si no se ejecutan más ampliaciones de la capacidad de procesamiento de la planta, Rosika tendrá material para sustentar el uso de los equipos durante poco más de 2 meses y se mantendría material en stock para sustentar el trabajo de la planta hasta por un año.

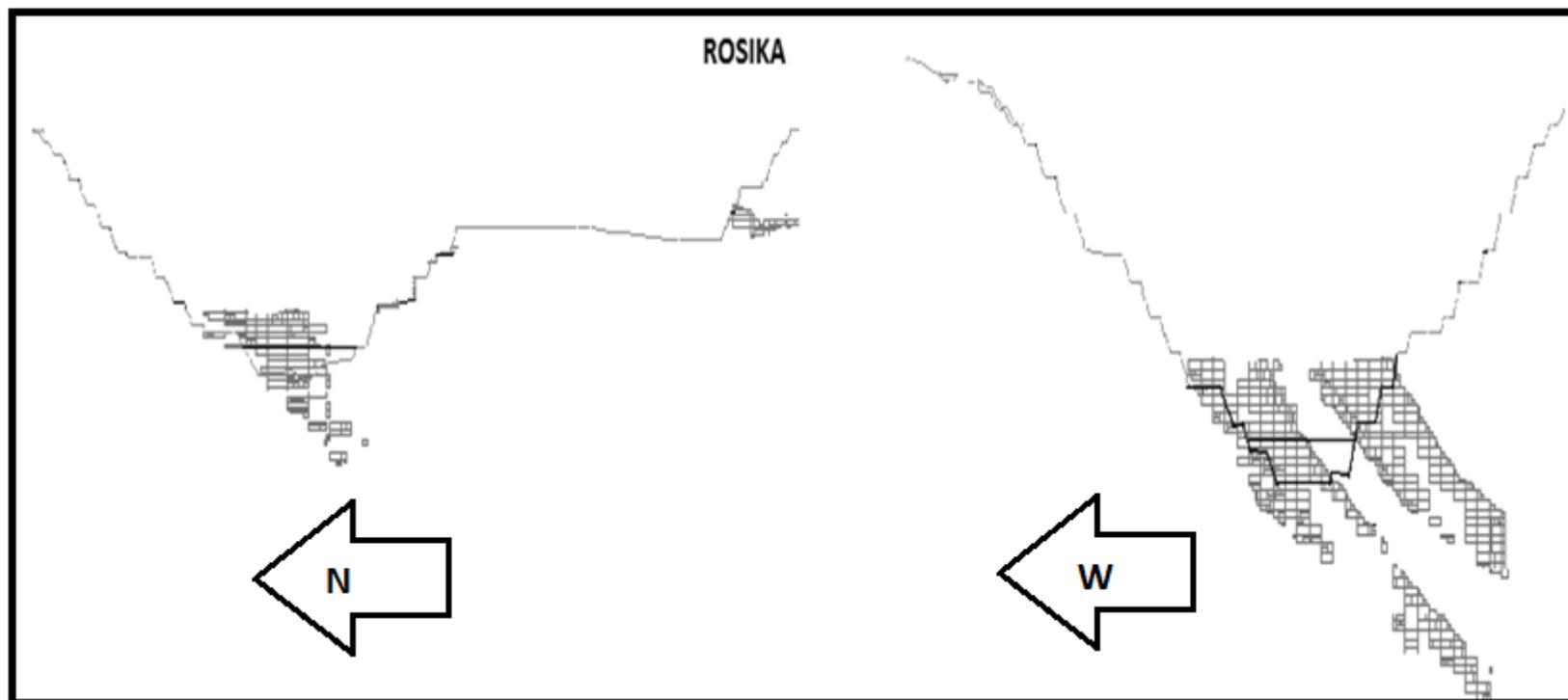


Figura 49 Perfil de Rosika a finales del 2021. Fuente: Elaboración Propia.

5.6.6 Resumen del Plan Quinquenal

Una vez culminada la secuencia del Plan Quinquenal comienzan a surgir una serie de datos por cada año, los cuales son organizados y comentados. Si bien la comparación año a año responde muchas interrogantes así como a la suma de todos estos datos, la siguiente sección dedicada al análisis y comparación de los mismos. En la Figura N° 50 se plasman los tonelajes extraídos durante los 5 años de este estudio, tanto de estéril como mineral y a su vez se puede apreciar la relación de remoción asociada a estos dos factores.

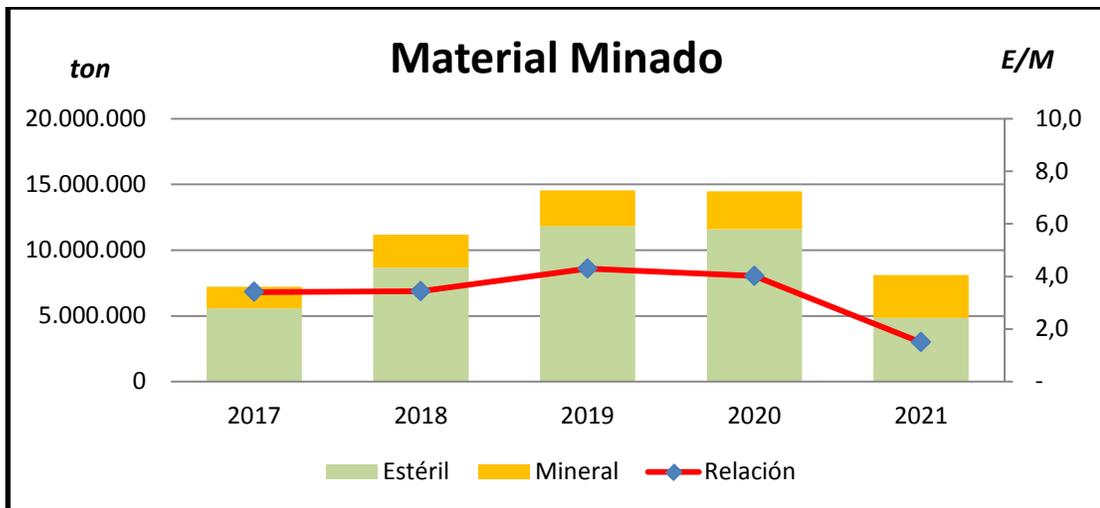


Figura 50 Material minado, Estéril o Mineral y su relación de remoción por año.

Fuente: Elaboración propia

Es observable como la tendencia de extracción genera una curva cuyo tope se alcanza en el tercer año del proyecto y desciende posteriormente como fue predicho al describir los métodos de remoción ideales para explotaciones a cielo abierto.

Las metas obtenidas con la secuencia generada cumplen con los objetivos planteados, a pesar de los desfases en las etapas de cumplimiento como se plasma en la Tabla 20, los déficits de los períodos iniciales se complementan a medida que avanza la explotación.

Tabla 20 Resumen de las cifras anuales arrojadas por El Plan Quinquenal.

Año	Mineral (T)	Total (T)	Estéril (T)	Oro (Kg)	Ley g/t	Relación	Densidad
2017	1.637.649	7.214.970	5.577.321	3.263	1,99	3,41	2,61
2018	2.518.212	11.173.656	8.655.444	5.735	2,28	3,44	2,60
2019	2.746.749	14.549.446	11.802.698	6.802	2,48	4,30	2,68
2020	2.885.544	14.478.890	11.593.346	6.494	2,25	4,02	2,79
2021	3.253.056	8.103.605	4.850.549	7.702	2,37	1,49	2,88
% de la meta	100 %	86 %	82 %	100 %			
Total T	13.041.210	55.520.567	42.479.357	29.996			

Fuente: Elaboración Propia

Aquella deficiencia en la cantidad de oro experimentada en los primeros años en comparación con El Plan Quinquenal viene dado por dos razones primordiales:

- El Plan Quinquenal fue diseñado para incluir a la fosa Pisolita. Al tener una tercera fosa dentro de los planes a futuro, los afloramientos cambian y los frentes operativos experimentan ambos cambios, con esto solo se puede esperar leyes minerales distintas a lo largo del proyecto.
- Interpretación irreal de las concentraciones existentes en el yacimiento. Al observar la característica del cuerpo mineral, se puede notar que para llegar efectivamente a dichas concentraciones en los años planificados las relaciones de remoción, así como las cantidades de mineral a extraer son diferentes a lo planeado.

Sin embargo un método de planificación preventiva pudo adelantarse a los eventos a suceder y en los últimos dos años de Plan Quinquenal se toman acciones para destapar grandes cantidades de mineral para posteriormente extraerlos con una baja relación de remoción y una menor utilización de los equipos. De esta manera se cumplen con las metas estipuladas como se muestra en la Figura N° 51 en la que se ve un histórico de la extracción de oro en kilogramos en comparación con las cifras planificadas en el Plan Quinquenal.

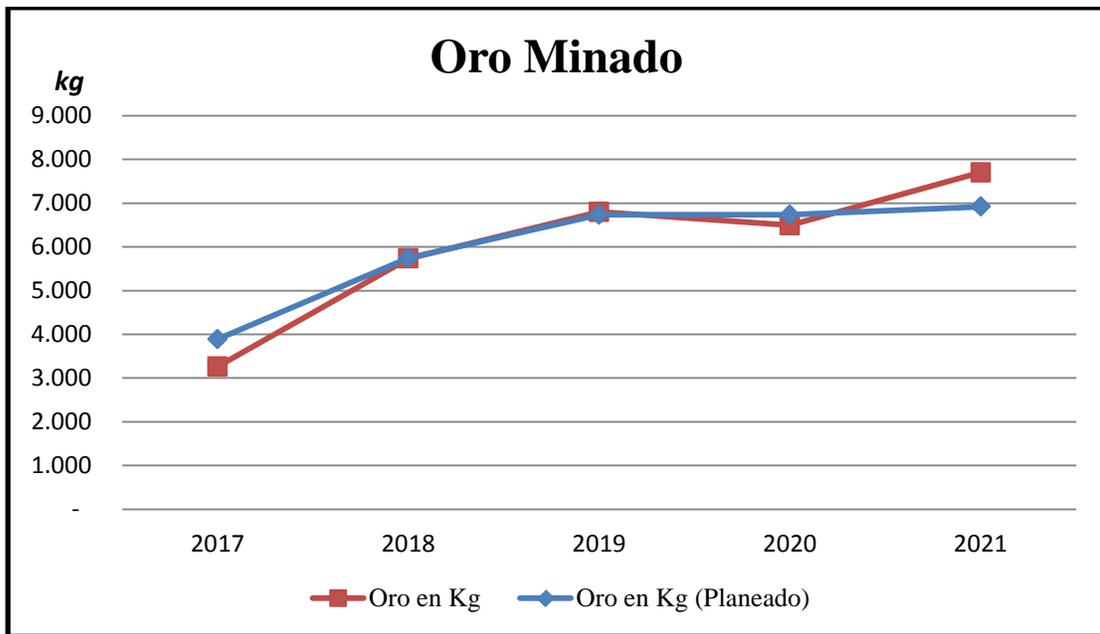


Figura 51 Histórico de cantidades de oro extraídas comparada con las cifras planificadas por el Plan Quinquenal. Fuente: Elaboración Propia

En la curva se puede divisar como los dos primeros años del quinquenio en estudio, las metas están cerca de lo estipulado pero no llegan a ser cumplidas; Por otro lado en el tercer año las cifras son muy similares y por último en el quinto año, los kilogramos de oro sin extraer en las primeras fases del proyecto son compensados con mayor extracción de oro, la diferencia entre la cifra planeada y la obtenida por la secuencia fue de tan solo 28 kilogramos de diferencia en favor de la cifra planeada, lo cual representa una diferencia de 0,03 %.

Entre otros elementos importantes se enumeran la cuota de toneladas de mineral que serán cumplidas exitosamente, así como la relación de remoción que se mantiene por debajo del límite estipulado. En la Tabla 21 se puede ver el balance de ciertas variables esperadas en contraste con los valores obtenidos en la secuencia.

Tabla 21 . Comparación de variables obtenidas vs. planificadas.

Variable	Obtenido	Planificado
Relación	3,26	4
Ley g/t	2,30	2,31
Total mcb	20.427.016	24.030.937
Densidad	2,7	2,7

Fuente: Elaboración propia

Al presentarse las metas de producción mineral y kilogramos de oro en cabal cumplimiento, deja de ser sorpresa que la Ley mineral se mantenga muy similar a la planificada ya que se manejan cantidades muy similares en ambos casos. La condición de tener una relación estéril-mena menor de lo esperado es considerado sinónimo de que se extrajo una cantidad menor de estéril de aquél que se tenía previsto desde un principio.

Cuando se analiza la curva que se genera por el tonelaje a ser extraído durante los 5 años de planificación, se hace igualmente necesario observar de forma atenta la evolución que tendrá la Disponibilidad Física y la utilización, esto con el fin de comprender la relación entra ambas y que se construye para la planificación como información vital . En la Tabla 22 se observan los volúmenes movidos durante el Plan Quinquenal y los respectivos KPI anuales.

Tabla 22 Volúmenes manejados y uso de los equipos a través del Plan Quinquenal.

Año	mcb	Capacidad	Disponibilidad física	% de Utilización
2017	2.763.270	2.797.536	85 %	98,9 7%
2018	4.296.539	5.529.244	84 %	76,72 %
2019	5.365.742	5.397.588	82 %	99,41 %
2020	5.184.759	5.265.949	80 %	97,33 %
2021	2.816.705	5.134.300	78 %	54,17 %
Total	20.427.016			

Fuente: Elaboración Propia.

Como anteriormente se menciona el intervalo que se eligió para la variación anual en la Disponibilidad Física fue de 2 %, con la inclusión de nuevos equipos en el 2018. Se hizo el promedio de los factores de disponibilidad de cada generación en la

flota para obtener un valor único que represente la Disponibilidad Física del grupo. A medida que el proyecto avanza la necesidad de mano de obra más numerosa ira aumentando, generando un alza en los costos de producción. Por otra parte a medida que el proyecto va terminando la utilización de los equipos disminuye, lo cual redundo en una reducción de la necesidad de mano de obra calificada. En la Figura N°52 se incluyen una serie de graficas que están muy relacionadas con lo dicho anteriormente, así como el aumento en la extracción de mcb y su influencia en otras variables.

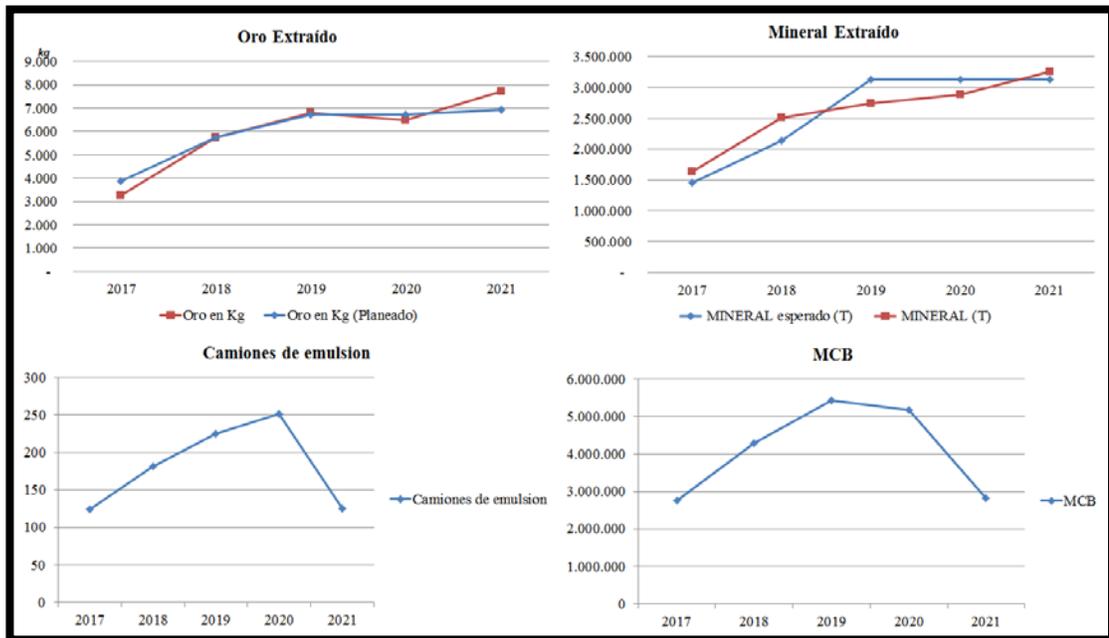


Figura 52 Resumen gráfico Plan Quinquenal. Fuente: Elaboración propia

Contrastando las gráficas de la Figura N°49 se visualiza la relación directa entre el tonelaje extraído de estéril durante el año 2021, la cantidad de metros cúbicos totales y la cantidad de camiones de emulsión programados para el periodo. Esto hace suponer que para planificaciones futuras, el estéril al representar una mayor parte del volumen extraído, tiene una importante influencia dentro de los inventarios de explosivo a utilizar. De igual modo se aprecia gráficamente al igual que en la Figura

N° 52 el descenso en la cantidad de estéril extraído en el año 2021, lo cual desencadenaría una menor relación de remoción para dicho año.

5.7 Elementos externos para la actual y futura secuencia en el yacimiento.

Debido a que la cantidad de factores que influyen en la selección, delimitación y programación de bloques es muy amplia, siempre existirán variables que se salen de nuestra consideración y método de estudio, por lo que es necesario hacerlas notar de manera breve, debido a que su consideración puede acarrear mejoras en proyectos futuros.

5.7.1 Uso de la fosa Coacia como escombrera

Al finalizar las operaciones en la Fosa de Coacia, se sugiere la posibilidad de utilizar dicha locación y espacios para diferentes propósitos entre ellos como almacenamiento temporal de aguas de mina y como una escombrera provisional. Esta última representaría una solución a los 3 kilómetros en acarreo que debe recorrer un camión desde el frente de operaciones en la fosa Rosika hasta la escombrera actualmente planificada. La utilización de la fosa Coacia como destino para el material estéril utilizando un método de retro-llenado, reduce la distancia de acarreo a menos de 1 kilómetro, el tiempo de circulación 3 minutos, subiendo la cantidad de ciclos por hora de 3,42 a 4,10.

Evaluando el volumen disponible en Coacia de la misma manera en la que se genera el proceso de Macro en DataMine, se determina que en esta fosa se tiene espacio para cerca de 4.500.000 mcb de material estéril. Analizando la cantidad de estéril que se tiene planificado extraer posterior a la finalización de las operaciones en Coacia, se llegó a la conclusión de que este espacio puede albergar el 77 % del estéril extraído en el *pit* Rosika, lo cual implicaría que para finales del primer trimestre del 2021 está fosa estaría siendo cerrada como escombrera. Los datos pueden ser vistos en la Tabla 23.

Tabla 23 Volumen existente en Coacia comparado con el volumen de estéril a extraer en Rosika durante el 2020-2021.

	Mcb
Capacidad de Coacia	4.500.000
Estéril extraído de Rosika 2020	4.151472
Estéril extraído de Rosika 2021	1.685.986

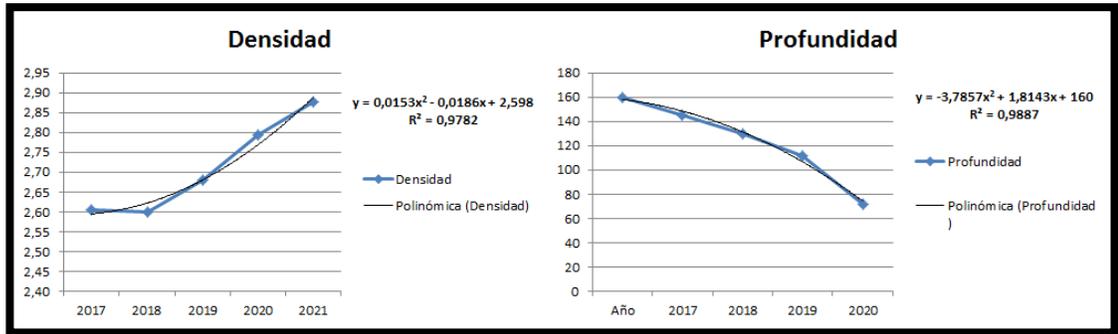
Fuente: Elaboración Propia.

La propuesta de utilización de Coacia como destino más próximo para el material estéril, podría ser una respuesta ante la interrogante de qué hacer frente a unos niveles tan altos de utilización para alcanzar las metas del año 2020 (año posterior al final en las operaciones de la fosa Coacia), donde una menor distancia de acarreo implicaría mayor número de viajes por hora y menor tiempo de espera por camiones de la pala, lo cual se traduce en una mayor productividad horaria del equipo de carga. Lamentablemente, para conocer las cifras de afectación de la productividad se hace necesario un estudio mayor y profundo sobre las variaciones de los KPI en estas condiciones diferentes. Un punto negativo en esta interpretación ha sido el impedimento que pesa sobre el investigador, puesto que se requiere realizar una visita de campo (en la zona de los frentes) para identificar más fidedignamente las variables y razones que puedan resultar adversas y la misma fue imposible de hacer debido a razones externas de peso.

5.7.2 Consideraciones sobre el aumento de la densidad en los KPI

A medida que las excavaciones se van haciendo más profundas, la geología nos indica que la presión lito-estática aumentará proporcionalmente, disminuyendo los espacios entre partículas y aumentando la densidad de la roca. La mina Choco 10 no ha escapado a esta regla como se puede ver en la Figura N° 53 donde se muestran las

gráficas del comportamiento sobre el nivel promedio excavado en cada año y la densidad.



. Figura 53 Históricos de la densidad en el proyecto y profundidad promedio. Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar existe una relación inversamente proporcional entre la profundidad y la densidad percibida en la roca. Haciendo este análisis se puede observar que en los dos últimos años del proyecto la densidad sobrepasa los 2,7 T/mcb el cual es el promedio de toda la explotación. Si se analiza la línea de tendencia de cada una de las gráficas y la capacidad volumétrica de cada uno de los camiones Terex de 32 metros cúbicos y capacidad de 100 T, en los dos últimos años de la explotación, la separación que existe entre el volumen y peso máximos comienza a acercarse, pronosticando la posibilidad que en secuencias futuras al aumentar la profundidad y la densidad de la roca, los camiones en la flota se puedan quedar cortos en tonelaje y no puedan llenarse completamente, esto debido a la posibilidad de exceder en peso la capacidad dada. Este análisis puede generar cambios en la manera de evaluar los indicadores de KPI en el futuro. Considerando el cálculo ofrecido por las líneas de tendencia de ambas graficas se puede esperar que para el segundo semestre del 2022 se llegue al nivel 10, en el cual se espera tener una densidad media según la línea de tendencia de 3,12 T/m3, el cual supera el límite permitido por el camión Terex según sus capacidades volumétricas y en toneladas.

**CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Plan Quinquenal propuesto tiene planteado extraer durante el periodo 2017-2021 las siguientes cantidades anuales (expresadas de manera progresiva) de mineral en toneladas: 1.637.649, 2.518.212, 2.746.749, 2.885.544, 3.253.056, lo cual representa el 93 % de las reservas restantes de las fosas Rosika y Coacia para la fecha. De la misma manera se garantiza el suministro de mineral para las ampliaciones de la planta de procesamiento planteadas para el periodo de 2017-2021, con el presente ritmo de extracción se espera que las reservas existentes entre Rosika y Coacia expiren para el primer trimestre del 2022.
- El uso estructurado de una secuencia de explotación que siga un diseño de terrazas (con sus tres tipos diferentes de frentes operativos) permitirá el seguimiento de la estructura del cuerpo mineralizado, así como el sucesivo destape de las capas de estéril que es indispensable para mantener los ritmos constantes de extracción mineral y relación de remoción.
- La relación existente entre la profundidad y la densidad de la roca presente en la mina Choco 10 expresada en líneas de tendencia indica que para el nivel 10 de la geología local, la densidad superará las 3,1 T/m³, generando problemas técnicos en el proceso de carga y acarreo para los equipos en funcionamiento, así como obsolescencia de los KPI relacionados con los mismos.
- Las cantidades de oro en kilogramos requeridas por el Plan Quinquenal para el año 2017 y 2018 presentan bajas probabilidades de ser cumplidas debido a que el mismo fue planteado para disponer de 4 fosas, Es por esto que la variación del tenor a lo largo del tiempo será distinta a los previsto.
- Existe la capacidad para cumplir metas estipuladas de kilogramos de oro del Plan Quinquenal tomando en cuenta la sumatoria de todos los años, sin embargo por las características geológicas del yacimiento, las metas estipuladas para el 2017 y 2018 se lograron en un 84% y 99% respectivamente.

- Las características geológicas del yacimiento, el diseño de la fosa y una planificación adecuada permitirá obtener una relación de remoción de 1,49 para el 2021 año final del Plan Quinquenal.
- La programación de secuencias de extracción así como organización de datos utilizando hojas de cálculo representa una ventaja sustancial sobre otros métodos para plasmar resultados gráficos ya que este permite el uso de funciones de alto grado en cantidades amplias de datos, arrojando datos de manera efectiva y sencilla.
- El uso del diagrama de flujo desarrollado en la presente investigación facilita la tarea del planificador, generando un sistema en el cual las variables son priorizadas para un mejor avalúo, el uso del mismo como material informativo, instructivo o guía permitirá una estandarización en la toma de decisiones, así como un método para traspasar los conocimientos de manera más practica a las nuevas generaciones de trabajadores en la mina Choco 10.
- El uso de la fosa Coacia como una escombrera para albergar el estéril extraído tras la finalización de sus reservas, tomando en cuenta que esta posee la capacidad volumétrica para alojar el 77 % del estéril a extraer programado para el 2020 y 2021; Generaría una disminución en la distancia de acarreo lo cual aumentaría el número de viajes/hora realizados por los camiones con (carga de estéril) de 3,42 a 4,1. De esta manera se garantizaría una mejora en los índices de producción (KPI) de los equipos de acarreo para el año 2020 y 2021, tomando en cuenta el alto índice de utilización (97,33 %) que estos tienen en el primer año de los anteriormente nombrados.
- Se recomienda para futuros proyectos, así como continuaciones de aquellos existentes dentro de la mina Choco 10, la inclusión de factores como la variación de la densidad a medida que se profundiza la fosa en sus actualizaciones anuales de índices clave de producción (KPI), con el fin de evitar el uso de información errónea para la generación de planificaciones en el futuro.
- Para planificaciones de corto y mediano plazo a realizar dentro de los periodos 2017 y 2021, se sugiere incluir de manera más activa las tendencias de

concentración en el cuerpo mineral para la selección de la secuencia de extracción.

- Se sugiere la creación de planes alternativos los cuales vean en casos hipotéticos la suspensión de operaciones en diferentes frentes operativos y fosas.
- Se considera necesario para futuros proyectos que incluyan más de una fosa, generar un balance de la relación estéril-mena de cada *pit*, con el fin de realizar una planificación más óptima aprovechando las bondades del diseño de cada locación para obtener resultados óptimos a través de los años.
- Se recomienda la continuación de la investigación con fines de optimizar el presente diagrama de flujo generado en esta investigación e integrarlo a un programa que proporcione las herramientas al planificador de mina para un manejo más amigable de los datos, así como también una metodología más acertada para la generación de secuencias de extracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Decreto 2165 (2015) Decreto con Rango, valor y fuerza de Ley Orgánica que Reserva las Actividades de Exploración y Explotación del Oro y demás Minerales Estratégicos.

López, C y otros (2000) Recursos Minerales, Instituto geominero de España, Madrid.

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” Tesis de grado, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Caracas, Venezuela.

Artigas Z, María T. (2011) “Diseño de patrones de perforación y voladura, para normalizar la fragmentación del material resultante de la micha Chocó 10 empresa PMG S.A. El Callao, Estado Bolívar” Tesis de grado, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Caracas, Venezuela.

Arcelus S, José V. (2004) “Plan de explotación de la vera Hansa en la Mina Colombia, CVG Minerven. El Callao, Estado Bolívar” Tesis de grado, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Caracas, Venezuela.

Moya B. Freddy J. (2015) “Verificación de la opción de producción más favorable a partir de diseños de explotación a largo plazo del frente 02, Cantera Carayaca ubicada en Tacagua, Distrito Capital” Tesis de grado, U.C.V. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Caracas, Venezuela.

Comisión Chilena Del Cobre, Ministerio de Minería, Gobierno De Chile. (2015). *Caracterización de los costos de la gran minería del cobre*. Santiago de Chile, Chile.

Juan Herrera Hebert (2006), “Métodos de minería a cielo abierto” Madrid, España.

Boada G. Georgina J. (2008) “Análisis de las herramientas estadísticas aplicada a la calidad total” Tesis de Grado U.D.O. Escuela De Administración, Venezuela.

Herrera H. Juan. (2006) “Métodos de Minería a Cielo Abierto” Informe interno Universidad Politécnica De Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid, España.

C.V.G. MINERVEN. (2002) *Provincias geológicas de Guayana*. Informe interno C.V.G. MINERVEN. Unidad Geológica.

C.V.G. MINERVEN. (2003) *Columna estratigráfica del proyecto Choco 10*. Informe interno C.V.G. MINERVEN. Unidad Geológica.

SME. (1992) “*Mining Engineering Handbook vol 1 & 2*” Colorado, Estados Unidos de America.