

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Motivación .....	1
1.2.	Objetivos .....	5
1.2.1.	Objetivo general.....	5
1.2.2.	Objetivos específicos .....	5
1.3.	Alcances.....	5
1.4.	Metodología.....	6
2.	Marco teórico .....	7
2.1.	Botaderos.....	7
2.1.1.	Descripción de un botadero .....	7
2.1.2.	Disposición de botaderos.....	8
2.1.3.	Cálculo del volumen del botadero.....	10
2.1.4.	Presión ejercida sobre el terreno .....	11
2.1.5.	Colapso en los botaderos .....	11
2.1.6.	Módulos de llenado.....	11
2.1.7.	Secuencia de llenado .....	12
2.1.8.	Operación en botaderos .....	12
2.1.9.	Mantenimiento de botaderos .....	13
2.1.10.	Costo de material enviado a botadero.....	14
2.1.11.	Stocks.....	14
3.	Antecedentes .....	16
3.1.	Minera Antucoya .....	16
3.2.	Geología.....	17
3.2.1.	Mineralogía y geología estructural.....	17
3.3.	Layout Minera Antucoya.....	19
3.3.1.	Topografía actual y límites.....	19
3.3.2.	Infraestructura.....	20
3.4.	Caso Base 2016.....	22
3.4.1.	Pit final y fases.....	22
3.4.2.	Plan Minero.....	24
3.4.3.	Diseño de botaderos.....	27
3.4.4.	Equipos de carguío.....	28
3.4.5.	Equipos de transporte.....	29
3.4.6.	Horas y flota de transporte.....	31

3.5.	Parámetros geotécnicos para botaderos y stocks .....	32
3.6.	Pendiente para botaderos .....	33
3.7.	Evaluación económica .....	33
3.7.1.	OPEX.....	33
3.7.2.	CAPEX.....	38
4.	Desarrollo y resultados.....	40
4.1.	Tonelajes por sector .....	40
4.2.	Ubicación de botaderos.....	41
4.2.1.	Alternativa 1 .....	42
4.2.2.	Alternativa 2.....	43
4.2.3.	Alternativa 3.....	44
4.3.	Diseño de alternativas.....	45
4.3.1.	Alternativa 1.....	46
4.3.2.	Alternativa 2.....	50
4.3.3.	Alternativa 3.....	55
4.4.	Destino de fases a botaderos por alternativas .....	61
4.5.	Secuencia de llenado .....	62
4.5.1.	Alternativa 1 .....	62
4.5.2.	Alternativa 2.....	63
4.5.3.	Alternativa 3.....	64
4.6.	Horas de transporte por alternativas .....	65
4.6.1.	LOM (Life of mine).....	66
4.6.2.	Quinquenio .....	67
4.6.3.	Decenio.....	68
4.6.4.	Flota de transporte.....	68
4.7.	Evaluación técnica de alternativas .....	71
4.8.	Evaluación económica de alternativas .....	74
4.8.1.	OPEX.....	74
4.8.2.	CAPEX.....	80
4.9.	Decisión diseño final .....	81
4.10.	Diseño de stocks.....	82
4.11.	Sensibilización de resultados parámetros PN 2017-2021 .....	87
4.11.1.	Horas de transporte.....	88
4.11.2.	OPEX .....	89
4.11.3.	CAPEX .....	89
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	91

6. Glosario.....	96
7. Bibliografía .....	97
8. Anexos .....	98
8.1. Minehaul.....	98
8.2. Fases .....	99
8.3. Características camión Komatsu K930E-4.....	101
8.4. Definición de pendiente.....	103
8.5. Diseño de botaderos .....	106
8.5.1. Alternativa 1 .....	106
8.5.2. Alternativa 2.....	108
8.5.3. Alternativa 3.....	110
8.6. Secuencia de llenado .....	113
8.6.1. Alternativa 1.....	113
8.6.2. Alternativa 2.....	115
8.6.3. Alternativa 3.....	117
8.7. Horas de transporte.....	119
8.8. Sensibilización de velocidades.....	122

## Índice de figuras

Figura 1.1: Diseños antiguos de botaderos.....	2
Figura 1.2: Diseño inicial botaderos CB 2016. ....	3
Figura 1.3: Diseño final botaderos CB 2016.....	4
Figura 2.1: Elementos de un botadero. ....	8
Figura 2.2: Disposición de botaderos en laderas. ....	8
Figura 2.3: Disposición de botaderos en quebradas. ....	9
Figura 2.4: Disposición de botaderos en tortas. ....	9
Figura 2.5: Levantamiento superficie de talud.....	11
Figura 2.6: Tipos de descarga en botaderos. ....	13
Figura 3.1: Ubicación Minera Antucoya.....	16
Figura 3.2: Sección N-7497250. Modelo de Mineralización. ....	18
Figura 3.3: Esquema de rangos estructurales mayores. ....	18
Figura 3.4: Topografía actual y límites Minera Antucoya.....	19
Figura 3.5: Infraestructura Minera Antucoya. ....	21
Figura 3.6: Fase 10 y pit final. ....	22
Figura 3.7: Diseño de botaderos CB 2016. ....	27
Figura 3.8: Esquema parámetros de construcción botaderos. ....	32
Figura 4.1: Simulación para tonelaje óptimo por sector.....	40
Figura 4.2: Ubicaciones botaderos alternativa 1. ....	42
Figura 4.3: Ubicaciones botaderos alternativa 2. ....	43
Figura 4.4: Ubicaciones botaderos alternativa 3. ....	44
Figura 4.5: Evolución diseños alternativa 1.....	47

Figura 4.6: Vista en planta alternativa 1. ....	49
Figura 4.7: Evolución diseños alternativa 2. ....	51
Figura 4.8: Vista en planta alternativa 2. ....	53
Figura 4.9: Evolución diseños alternativa 3. ....	57
Figura 4.10: Vista en planta alternativa 3. ....	60
Figura 4.11: Llenado final botaderos alternativa 1. ....	62
Figura 4.12: Llenado final botaderos alternativa 2. ....	63
Figura 4.13: Llenado de botaderos alternativa 3. ....	64
Figura 4.14: Vista en plata de los stocks mina. ....	82
Figura 4.15: Diseño de stocks en sector actual. ....	83
Figura 4.16: Propuestas para stocks. ....	84
Figura 5.1: Diseño de botaderos alternativa 1. ....	92
Figura 5.2: Propuestas para stocks. ....	94
Figura 8.1: Fase 1. ....	99
Figura 8.2: Fase 2. ....	99
Figura 8.3: Fase 3. ....	99
Figura 8.4: Fase 4. ....	99
Figura 8.5: Fase 5. ....	99
Figura 8.6: Fase 6. ....	99
Figura 8.7: Fase 7. ....	100
Figura 8.8: Fase 8. ....	100
Figura 8.9: Fase 9. ....	100
Figura 8.10: Fase 10. ....	100
Figura 8.11: Medidas camión K930-E. ....	101
Figura 8.12: Curvas de rimpull para K930E-4, subiendo. ....	102
Figura 8.13: Curvas de rimpull para K930E-4, bajando. ....	102
Figura 8.14: Botadero sur CB 2016 y modificado al 5%, módulo 1. ....	103
Figura 8.15: Vista en planta botadero norte alternativa 1. ....	106
Figura 8.16: Vista de perfil botadero norte alternativa 1. ....	106
Figura 8.17: Vista en planta botadero sur alternativa 1. ....	107
Figura 8.18: Vista de perfil botadero sur alternativa 1. ....	107
Figura 8.19: Vista en planta botadero norte alternativa 2. ....	108
Figura 8.20: Vista de perfil botadero norte alternativa 2. ....	108
Figura 8.21: Vista en planta botadero sur alternativa 2. ....	109
Figura 8.22: Vista de perfil botadero sur alternativa 2. ....	109
Figura 8.23: Vista en planta botadero norte alternativa 3. ....	110
Figura 8.24: Vista en planta botadero norte alternativa 3. ....	110
Figura 8.25: Vista en planta botadero oeste alternativa 3. ....	111
Figura 8.26: Vista de perfil botadero oeste alternativa 3. ....	111
Figura 8.27: Vista en planta botadero sur alternativa 3. ....	112
Figura 8.28: Vista de perfil botadero sur alternativa 3. ....	112
Figura 8.29: Leyenda secuencia de llenado botaderos. ....	113
Figura 8.30: Secuencia de llenado alternativa 1 (1). ....	113
Figura 8.31: Secuencia de llenado alternativa 1 (2). ....	114
Figura 8.32: Secuencia de llenado alternativa 2 (1). ....	115
Figura 8.33: Secuencia de llenado alternativa 2 (2). ....	116
Figura 8.34: Secuencia de llenado alternativa 3 (1). ....	117
Figura 8.35: Secuencia de llenado alternativa 3 (2). ....	118

## Índice de tablas

Tabla 1.1: Especificaciones diseños antiguos de botaderos. ....	2
Tabla 3.1: Balance de stocks CB 2016.....	26
Tabla 3.2: Parámetros de diseño botaderos CB 2016.....	28
Tabla 3.3: Parámetros y tiempo de carga equipos de carguío. ....	28
Tabla 3.4: Velocidades camión K930-E en CB 2016.....	29
Tabla 3.5: Tiempo operativo para camión K930-E en CB 2016. ....	29
Tabla 3.6: Velocidades camión K930-E en PN 2017.....	30
Tabla 3.7: Tiempo operativo para camión K930-E en PN 2017. ....	30
Tabla 3.8: Horas de transporte CB 2016. ....	31
Tabla 3.9: Parámetros de construcción botaderos. ....	32
Tabla 3.10: Parámetros de construcción stocks.....	33
Tabla 3.11: Costos operacionales de transporte. ....	35
Tabla 3.12: Tipos de lubricantes y sus características. ....	36
Tabla 3.13: Vida útil y costo componentes camión K930-E.....	38
Tabla 4.1: Tonelaje por sector.....	40
Tabla 4.2: Iteraciones alternativa 1. ....	46
Tabla 4.3: Especificaciones alternativa 1. ....	49
Tabla 4.4: Iteraciones alternativa 2. ....	50
Tabla 4.5: Especificaciones alternativa 2. ....	54
Tabla 4.6: Iteraciones alternativa 3. ....	55
Tabla 4.7: Especificaciones alternativa 3. ....	60
Tabla 4.8: Destino a botaderos por fase.....	61
Tabla 4.9: Horas de transporte CB 2016 y alternativas.....	66
Tabla 4.10: Horas de transporte quinquenio, CB 2016 y alternativas. ....	67
Tabla 4.11: Horas de transporte decenio, CB 2016 y alternativas. ....	68
Tabla 4.12: Flota de transporte por año para CB 2016 y alternativas. ....	70
Tabla 4.13: Distribución de puntajes evaluación técnica.....	71
Tabla 4.14: Puntaje por clasificación.....	71
Tabla 4.15: Evaluación estabilidad general de botaderos. ....	72
Tabla 4.16: Evaluación accesos y caminos segregados. ....	72
Tabla 4.17: Evaluación construcción de rampas. ....	72
Tabla 4.18: Evaluación capacidad.....	73
Tabla 4.19: Evaluación horas de transporte. ....	73
Tabla 4.20: Evaluación límites.....	73
Tabla 4.21: Utilización espacio autorizado pila ROM ....	73
Tabla 4.22: Resultados evaluación técnica. ....	74
Tabla 4.23: Resultados OPEX por alternativas para LOM. ....	75
Tabla 4.24: Costos OPEX transporte quinquenio por alternativas. ....	77
Tabla 4.25: Costos OPEX operación transporte mina, quinquenio por alternativas. ....	77
Tabla 4.26: Costos OPEX mantención transporte mina, quinquenio por alternativas. ...	78
Tabla 4.27: Costos OPEX transporte decenio por alternativas. ....	78
Tabla 4.28: Costos OPEX operación transporte mina, decenio por alternativas. ....	79
Tabla 4.29: Costos OPEX mantención transporte mina, decenio por alternativas. ....	79
Tabla 4.30: Entrada de camiones nuevos. ....	80
Tabla 4.31: Overhaul de flota de camiones.....	80
Tabla 4.32: Venta de flota de camiones. ....	80
Tabla 4.33: Resultados CAPEX por alternativas para LOM. ....	80

Tabla 4.34: Resultados CAPEX por alternativas para decenio. ....	81
Tabla 4.35: Características stocks sector actual. ....	83
Tabla 4.36: Características propuestas stocks alta ley.....	84
Tabla 4.37: Horas de transporte de propuestas de stocks. ....	85
Tabla 4.38: Costos operacionales con stocks. ....	86
Tabla 4.39: Entrada de camiones nuevos para alternativa 1 y propuestas de stocks. ...	86
Tabla 4.40: Overhaul camiones para alternativa 1 y propuestas de stocks.....	86
Tabla 4.41: Resultados CAPEX para alternativa 1 y propuestas de stocks para LOM. .	87
Tabla 4.42: Horas de transporte actualizada a velocidad PN 2017. ....	88
Tabla 4.43: OPEX diseño recomendado con velocidades PN 2017.....	89
Tabla 4.44: Entrada de camiones alternativa 1 actualizada para velocidades de PN 2017. .....	89
Tabla 4.45: Overhaul camiones alternativa 1 actualizada para velocidades de PN 2017. .....	89
Tabla 4.46: Flota final de transporte diseño recomendado para velocidades del PN 2017. .....	89
Tabla 4.47: CAPEX actualizado a velocidades PN 2017.....	90
Tabla 5.1: Características alternativas diseño de botaderos.....	91
Tabla 5.2: Horas y flota de transporte alternativas diseño de botaderos.....	91
Tabla 5.3: Resultados económicos alternativas de botaderos. ....	92
Tabla 5.4: Resultados propuestas stocks mina. ....	93
Tabla 5.5: Resultados sensibilización de parámetros de velocidad y maniobra de camiones. ....	94
Tabla 8.1: Velocidades recomendadas por el fabricante K930-E.....	103
Tabla 8.2: Velocidades recomendadas por el fabricante K930-E restringidas por velocidad máxima.....	104
Tabla 8.3: Tiempos de viaje en distintas pendientes. ....	104
Tabla 8.4: Horas de transporte detalladas por alternativa. ....	119
Tabla 8.5: Distancia de transporte alternativa 1. ....	119
Tabla 8.6: Distancias de transporte alternativa 2. ....	120
Tabla 8.7: Distancias de transporte alternativa 3. ....	120
Tabla 8.8: Velocidades promedio camiones enero-marzo 2017.....	122
Tabla 8.9: Velocidades promedio camiones CB 2016.....	122
Tabla 8.10: Velocidades promedio camiones PN 2017-2021.....	122
Tabla 8.11: Horas de transporte según velocidades. ....	122

## Índice de gráficos

Gráfico 3.1: Asignación de materiales por fase. ....	23
Gráfico 3.2: Extracción de fases por año.....	23
Gráfico 3.3: Plan Minero Antucoya CB 2016. Movimiento mina. ....	24
Gráfico 3.4: Plan Minero Antucoya CB 2016. Razón estéril/mineral. ....	24
Gráfico 3.5: Plan Minero Antucoya CB 2016. Alimento a planta. ....	25
Gráfico 3.6: Tonelajes cargados por equipos. ....	29
Gráfico 3.7: Índices camiones K930-E .....	32
Gráfico 3.8: Costos mina.....	34
Gráfico 4.1: Horas de transporte LOM, CB 2016 y alternativas.....	66
Gráfico 4.2: Flota de camiones por alternativas. ....	69

Gráfico 4.3: Costos OPEX Operación transporte mina para LOM por alternativas. ....	75
Gráfico 4.4: Costos OPEX Mantenimiento transporte mina para LOM por alternativas. ....	76
Gráfico 4.5: Horas de transporte con stocks. ....	85
Gráfico 4.6: Horas de transporte diseño recomendado con velocidades actualizadas. .	88

## Índice de ecuaciones

Ecuación 2.1: Volumen de botaderos.....	10
Ecuación 3.1: Costo Mano de obra. ....	35
Ecuación 3.2: Costo Servicios de campamento. ....	35
Ecuación 3.3: Costo Diésel. ....	35
Ecuación 3.4: Costo Otros servicios de mantención de contratos.....	36
Ecuación 3.5: Costo Neumáticos .....	36
Ecuación 3.6: Costo Repuestos mecánicos. ....	36
Ecuación 3.7: Costo Lubricantes.....	36
Ecuación 3.8: Costo tarifa mensual de Servicios Marc Fijo.....	37
Ecuación 3.9: Costo Cuota componentes de Servicios Marc Fijo. ....	37
Ecuación 3.10: Costo Servicios Marc Fijo. ....	37
Ecuación 3.11: Costo servicios Marc Fijo.....	37
Ecuación 3.12: Costo compra camiones. ....	38
Ecuación 3.13: Costo overhaul camiones. ....	39
Ecuación 3.14: Valor residual camiones.....	39
Ecuación 4.1: Tiempo de viaje. ....	65
Ecuación 4.2: Tiempo de acarreo.....	65
Ecuación 4.3: Tiempo de ciclo.....	65
Ecuación 4.4: Rendimiento flota.....	65
Ecuación 4.5: Horas de transporte. ....	65
Ecuación 4.6: Horas efectivas camión por período. ....	68
Ecuación 4.7: Número de camiones por período. ....	68
Ecuación 4.8: Horas efectivas último camión por período.....	69