

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcances	2
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Método de Explotación Block Caving	3
2.2 Lixiviación In Place- Lixiviación In Situ	5
2.3 Variables de la lixiviación in situ.....	6
2.4 Experiencias Realizadas	7
2.4.1 Mina Pinto Valley	7
2.4.2 Experiencia en Quebrado Teniente	8
2.5 Clúster Toki	10
2.5.1 Ubicación.....	10
2.5.2 Categorización	11
2.5.3 Recursos Minerales	13
2.5.4 Caracterización Geológica.....	14
2.5.5 Alteración	16
2.5.6 Mineralización	16
2.6 Caracterización Geotécnica	17
2.7 Hidrogeología	18
2.8 Rajo Quetena.....	19
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	22
3.1 Estimación de Reservas Minerales	22
3.2 Diseño del método de explotación	23
3.3 OPEX y CAPEX	24
3.3.1 Costos	24
3.3.2 Inversión	24
3.4 Análisis metalúrgico.....	24
3.5 Plan de producción.....	24
3.6 Planificación de Ejecución	25
3.7 Evaluación Económica	25
CAPÍTULO 4. ESTIMACIÓN DE RESERVAS MINERALES	26
CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	33
5.1 Block Caving	33
5.1.1 Análisis de Hundibilidad	33

5.1.2 Fragmentación del BC	34
5.1.3 Infraestructura de la mina	35
5.2 Lixiviación In Place	43
5.2.1 Alternativas de Inyección de la Solución	43
5.2.2 Descripción del proceso LIP.....	47
5.3 Hidrogeología	50
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS METALÚRGICO	51
6.1 Parámetros metalúrgicos	51
6.1.1 Razón de lixiviación.....	51
6.1.2 Concentración de Cu y Tasa de Riego	52
6.1.3 Consumo de agua	53
6.1.4 Consumo de Ácido	54
6.1.5 Cinética de lixiviación.....	55
6.2 Extracción de cobre.....	58
CAPÍTULO 7. ESTIMACIÓN DE OPEX Y CAPEX	60
7.1 Costos	60
7.1.1 Costo Mina.....	60
7.1.2 Costo Planta Concentradora.....	64
7.1.3 Costo LIP	64
7.1.4 OPEX Final.....	66
7.2 Inversiones (CAPEX).....	67
7.2.1 Capital de Trabajo	67
7.2.2 CAPEX Total	68
CAPÍTULO 8. PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	70
8.1 Tiempos de desarrollos de infraestructura inicial	70
8.2 Tiempos de desarrollo de niveles.....	71
8.3 Tiempos apertura batea	72
8.4 Inicio de producción.....	73
CAPÍTULO 9. PLAN DE PRODUCCIÓN	74
9.1 Capacidad de Carga.....	75
9.2 Extracción de sulfuros	76
9.3 Extracción de óxidos	77
9.3.1 Quetena.....	77
9.3.2 Toki Norte.....	79
9.3.3 Toki Sur	79
9.4 Producción Final	81
CAPÍTULO 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA	81
10.1 Indicadores económicos	81
10.2 Análisis de sensibilidad	83
CAPÍTULO 11. ANÁLISIS DE INCLUSIÓN DE CASERONES A EXPLOTACIÓN COMBINADA.....	86

CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXO A: UNIDADES GEOLÓGICAS	96
ANEXO B: Dimensiones de Equipo de Carga	98
ANEXO C: COTA DEL FOOTPRINT	99
ANEXO D: OPEX	100
ANEXO E: CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL PROYECTO RAJO QUETENA	101
ANEXO F: CASERONES	102
11.1 Detalle CAPEX Caserones	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Recursos geológicos yacimiento Quetena	12
Tabla 2: Recursos geológicos yacimiento Toki.....	13
Tabla 3: Recursos Minerales Yacimiento Quetena y Toki	13
Tabla 4: Calidad de la roca por unidad geológica	18
Tabla 5: Footprint y puntos de extracción.....	30
Tabla 6: Reservas sulfuradas	31
Tabla 7: Reservas Lixiviables	32
Tabla 8: Consumo de ácido dependiente de la Litología y Alteración	55
Tabla 9: Cinética de Lixiviación dependiente de la mineralogía	55
Tabla 10: Unidades geológicas lixiviables	57
Tabla 11: Extracción de cobre, factor mineralógico	58
Tabla 12: Extracción de Cobre por sector	59
Tabla 13: Costo Mina.....	60
Tabla 14: Costo de preparación por subnivel	61
Tabla 15: Costo de preparación	61
Tabla 16: Costo Extracción Mina	62
Tabla 17: Costo de extracción por elemento de gasto	63
Tabla 18: Costo operacional Quetena	65
Tabla 19: Costo operacional Toki Norte	66
Tabla 20: OPEX Final.....	67
Tabla 21: Benchmarking Capital de trabajo	68
Tabla 22: CAPEX extracción de sulfuros	69
Tabla 23: CAPEX Extracción de óxidos.....	70
Tabla 24: Tiempos de construcción de accesos, túnel de CT y piques.....	71
Tabla 25: Tiempos de construcción del nivel de ventilación	71
Tabla 26: Tiempos de construcción del nivel de producción	71
Tabla 27: Tiempos de construcción del nivel de hundimiento.....	72
Tabla 28: Tiempos de construcción de bateas	73
Tabla 29: Flota de LHD's anual	76
Tabla 30: Velocidad de extracción de columnas	76
Tabla 31: Evaluación económica zona óxidos sector Quetena	78
Tabla 32: Evaluación económica zona óxidos sector Toki Norte	79
Tabla 33: Evaluación económica zona óxidos sector Toki Sur.....	80
Tabla 34: Indicadores económicos del proyecto	82
Tabla 35: Escenario pesimista y optimista	83
Tabla 36: Variables caso base	83
Tabla 37: Valor de Indicadores económicos donde el VAN es nulo	84

Tabla 38 : Variables caso base	85
Tabla 39: Parámetros económicos	88
Tabla 40: Evaluación económica de los caserones	88
Tabla 41: Parámetros para determinar la subsidencia.....	91
Tabla 42: Detalle Costo de preparación	100
Tabla 43: Sistemas preferenciales de estructuras principales en el sector de Quetena.....	101
Tabla 44: Detalle CAPEX Caserones (alternativas II y III).....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Block Caving con LHD. El Teniente, Chile (Hamrin, 2001)	4
Figura 2: Panel Caving Mecanizado. Henderson Mine, Colorado, USA (Doepken, 1982) ..	4
Figura 3: Vista isométrica Mina Pinto Valley	8
Figura 4: Ubicación de la prueba piloto. Quebrada Teniente.....	9
Figura 5: Diagrama de operación de la prueba de lixiviación In Place, Quebrada Teniente	10
Figura 6: Ubicación del Clúster Toki.....	11
Figura 7 : Modelo de Estimación, Cluster Toki	12
Figura 8: Esquema de la disposición geológica del Clúster TOKI.....	15
Figura 9: Sección Geológica Esquemática de Zonas Mineralizadas en Clúster TOKI	15
Figura 10: Clasificación de UGM's	16
Figura 11: Líneas de Flujo del Acuífero	19
Figura 12: Proyecto Rajo Quetena.....	21
Figura 13: Ciclo de Evaluación del Proyecto	22
Figura 14: Ciclo de identificación de recursos y reservas minerales.....	26
Figura 15: Ubicación de sectores potencialmente rentables	27
Figura 16: Cota del footprint (caso Quetena)	28
Figura 17: Columnas económicamente rentables (caso Quetena).....	29
Figura 18: Puntos de extracción de Quetena, Toki Norte y Toki Sur.....	30
Figura 19: Ley media de Reservas sulfuradas	31
Figura 20: Porcentaje de óxido en columnas diluidas	32
Figura 21: Ubicación geográfica de la mina	36
Figura 22: Vista Perfil yacimiento Toki y Quetena.....	37
Figura 23: Vista Isométrica de la mina	37
Figura 24: Detalle de los niveles	38
Figura 25: Ábaco de Laubscher para determinar el espaciamiento entre puntos de extracción	39
Figura 26: Curva de Laubscher para determinar la Altura de Interacción.....	39
Figura 27: Curva de Kvapil que relaciona diámetro del elipsoide de extracción con la altura de extracción.....	40
Figura 28: Malla de Extracción 13 x15.....	41
Figura 29: Malla de Extracción 13 x15 operativizada	41
Figura 30: Vista en planta de Bateas.....	42
Figura 31: Vista Isométrica de Bateas	42
Figura 32 Pozos descendente verticales	44
Figura 33: Pozos descendentes inclinados	45
Figura 34: Pozos ascendente vertical.....	46
Figura 35: Pozos ascendentes inclinado.....	47

Figura 36: Configuración de Pozos ascendentes desde el NP.....	48
Figura 37: Diagrama de flujos LIP	49
Figura 38: Diagrama de una Barrera Hidráulica	50
Figura 39: Plan de ejecución del proyecto	74
Figura 40: Análisis de sensibilidad LIP	86
Figura 41: Recursos oxidados (Lc 0.33. %)	87
Figura 42: Diseño de caserones, sector Quetena	89
Figura 43: Subsistencia generada por block Caving, sector Quetena.....	91
Figura 44: LHD Toro 1400	98
Figura 45 LHD Toro 1400.....	98
Figura 46: Set de estructuras Proyecto Rajo Quetena.....	101
Figura 47: Total de caserones analizados (Quetena y Toki)	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva Tonelaje Ley de los Recursos de Toki	14
Gráfico 2: Curva Tonelaje Ley de los Recursos de Quetena	14
Gráfico 3: Hundibilidad de los sectores a explotar.....	33
Gráfico 4: Curva granulométricas fragmentación primaria (P).....	34
Gráfico 5: Curvas granulométricas fragmentación secundaria	35
Gráfico 6: Curvas de recuperación para Lixiviación convencional y Biolixiviación.....	52
Gráfico 7: Concentración de Cu, sector Quetena	53
Gráfico 8: Concentración de Cu, sector Toki Norte	53
Gráfico 9: Consumo de agua	54
Gráfico 10: Extracción de Cu. Proyecto Quetena.....	56
Gráfico 11: Recuperación de cobre, QT.	59
Gráfico 12: Distribución de Costo Extracción Mina	63
Gráfico 13: Costo de extracción por elemento de gastos.....	64
Gráfico 14: Parametrización del Capital de trabajo	68
Gráfico 15: Ritmo de producción óptimo	75
Gráfico 16: Plan de producción Extracción Sulfuros	77
Gráfico 17: Alternativas de ritmas de producción de Quetena.....	78
Gráfico 18: Alternativas de ritmas de producción de Toki Norte	79
Gráfico 19: Alternativas de ritmas de producción de Toki Sur.....	80
Gráfico 20: Plan de producción global	81
Gráfico 21: Flujo de caja del proyecto.....	82
Gráfico 22: Análisis de sensibilidad	84
Gráfico 23: Plan de producción	89
Gráfico 24: Número de caserones.....	90
Gráfico 25: Plan de producción de finos.....	90
Gráfico 26: Curva de Valorización por cota del footprint (TN).....	99
Gráfico 27: Curva de Valorización por cota del footprint (TN).....	99