

Índice

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- OBJETIVO GENERAL	2
1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3.- ALCANCES	3
1.4.- METODOLOGÍA.....	3
2.- ANTECEDENTES	5
2.1.- INTRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN MINERA A LARGO PLAZO	5
2.2.- DESCRIPCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN TRADICIONAL	5
2.3.- MINERÍA SUBTERRÁNEA	6
2.3.1.- Auto soportados.....	6
2.3.2.- Soportados artificialmente.....	6
2.3.3.- De hundimiento	7
2.4.- BLOCK CAVING.....	7
2.4.1.- Block Caving Explotado por Macro Bloques.....	8
2.4.2.- Planificación en Block Caving	10
2.4.3.- Piso económico en Block Caving.....	11
2.4.4.- Envoltente económica en Block Caving.....	11
2.4.5.- Velocidad de Extracción.....	12
2.5.- GUROBI Y AGENDADOR UDESS	13
2.5.1.- Paquete computacional Gurobi.....	13
2.5.2.- Programación Lineal	14
2.5.3.- Programación Entera-Mixta	14
2.6.- SECUENCIADOR Y AGENDADOR UDESS	15
2.6.1.- Actividades	15
2.6.2.- Precedencias	15
2.6.3.- Función objetivo.....	15
2.6.4.- Restricciones.....	15
2.6.5.- Restricción de recurso operacional.....	15
2.6.6.- Inicio de restricción de capacidad de recurso.....	16
2.6.7.- Restricción límite de progreso.....	16
2.6.8.- Restricción de rango de recurso	16
2.6.9.- Restricción de incompatibilidad de actividad.....	16
2.6.10.- Restricción de inicio de periodo	16
3.- COSTOS EN BLOCK Y PANEL CAVING	17
3.1.- ESTRUCTURA DE COSTOS	17
3.1.1.- Costos Fijos	17
3.1.1.1. Personal de Supervisión.....	18
3.1.1.2. Equipos de Operación	18

3.1.1.3. Bombeo de Agua	18
3.1.1.4. Administrativos.....	18
3.1.2.- Costos Variables.....	18
3.1.2.1. Ventilación.....	19
3.1.2.2. Actividades Auxiliares.....	20
3.1.3.- Enfoque de Estructura de Costos.....	20
3.1.4.- Discretización de reservas	26
4.- METODOLOGÍA	27
4.1.- PISO ECONÓMICO	27
4.2.- DISCRETIZACIÓN DEL PISO ECONÓMICO EN MACRO BLOQUES	27
4.3.- DETERMINAR LA ENVOLVENTE ECONÓMICA CONSIDERANDO EL COSTO DE OPERACIÓN COMO UNA VARIABLE FIJA	28
4.4.- DETERMINAR LA ENVOLVENTE ECONÓMICA DESGLOSANDO EL COSTO DE OPERACIÓN EN COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES	29
4.5.- RESTRICCIONES DE PRECEDENCIAS	29
4.5.1.- Restricción de precedencias horizontales.....	29
4.5.2.- Restricción de precedencias verticales	30
4.6.- METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL AGENDAMIENTO DE EXTRACCIÓN CON LA HERRAMIENTA UDESS	31
5.- CASO DE ESTUDIO.....	33
5.1.- DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA	34
5.2.- PISO ECONÓMICO.....	35
5.3.- LÍMITES DEL PISO ECONÓMICO	35
5.4.- DISCRETIZACIÓN DEL PISO ECONÓMICO EN BLOCK CAVING.....	36
5.5.- CÁLCULO DE ENVOLVENTE ECONÓMICA	38
5.5.1.- Valorización de reservas en Macro Bloques	38
5.5.2.- Cálculo del tonelaje en las Unidades Básicas de Extracción.....	39
5.5.3.- Ley media de cobre en las Unidades Básicas de Extracción.....	40
5.5.4.- Valorización de Beneficio en las Unidades Básicas de Extracción.....	40
5.5.5.- Resumen de valorización y envolventes de Macro Bloques	40
5.6.- VELOCIDADES DE EXTRACCIÓN	41
5.7.- RESTRICCIONES ADICIONALES.....	43
5.7.1.- Restricciones de capacidad.....	43
5.7.2.- Restricciones de infraestructura.....	44
5.8.- SECUENCIA DE MINADO DE MACRO BLOQUES.....	44
5.9.- AGENDAMIENTO OPTIMO DE EXTRACCIÓN EN UDESS.....	45
5.9.1.- Archivos de Actividades y Precedencias.....	45
6.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
6.1.- ANÁLISIS DE ALTURAS DE ENVOLVENTE POR MACRO BLOQUE.....	47

6.2.- AGENDAMIENTO DE LOS MACRO BLOQUES INDIVIDUALMENTE EN SU ETAPA DE PRODUCCIÓN POR METODOLOGÍA	47
6.3.- DURACIÓN DE LOS MACRO BLOQUES EN EL AGENDAMIENTO.....	55
6.4.- ANÁLISIS DEL AGENDAMIENTO	56
7.- CONCLUSIONES	60
7.1.- PLANIFICACIÓN MINERA EN BLOCK CAVING EXPLOTADO POR MACRO BLOQUES	60
7.2.- METODOLOGÍAS PARA INCORPORAR LOS COSTOS DE MINADO A LA PLANIFICACIÓN.....	60
7.3.- CASO DE ESTUDIO	60
8.- ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	62
9.- ANEXOS.....	64
9.1.- ANEXO A: CURVAS TONELAJE LEY DE PIT FINAL.....	64
9.2.- ANEXO B: CURVAS TONELAJE LEY DE MACRO BLOQUES.....	64
9.3.- ANEXO C: VALORIZACIÓN DE MACRO BLOQUES DESGLOSADO POR UBE	72
9.4.- ANEXO D: RESUMEN DE VALORIZACIÓN DE MACRO BLOQUES	88
9.5.- ANEXO D: ARCHIVOS DE PRECEDENCIAS UTILIZADOS EN LAS OPTIMIZACIONES CON EL SOFTWARE UDESS.....	89