

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Alcances	4
1.4. Estructura de la Tesis	5
2. Antecedentes	6
2.1. Planificación minera	6
2.1.1. Minería a cielo abierto	7
2.1.2. Minería de block/panel caving	9
2.1.3. Pilar de estabilidad o crown pillar	13
2.1.4. Cálculo de envolventes económicas	14
2.1.5. Cálculo de piso óptimo para las envolventes económicas	17
2.1.6. Programación matemática en la planificación minera	20
2.2. Componentes geomecánicas en minería a cielo abierto y panel caving	25
2.2.1. Factores geomecánicos en la minería a cielo abierto	25
2.2.2. Factores geomecánicos en la minería de block/panel caving	26
2.3. Transición en minería	30
2.3.1. Casos de transición OP-UG	32
2.3.2. Metodologías de la planificación de la transición conjunta cielo abierto-subterránea	43
2.4. Herramientas del Laboratorio de Planificación Minera DELPHOS	47
2.4.1. MineLink	47
2.4.2. DOPPLER	47
2.4.3. Heurística de ventanas o Sliding Time Window Heuristic (STWH)	47
2.5. Discusión	49
3. Metodología	51
3.1. Elaboración del modelo de optimización	51
3.2. Evaluación de restricciones y aplicación en un modelo de prueba	51
3.3. Agendamiento en el caso de estudio	52
3.3.1. Análisis de los planes de producción	53
3.3.2. Variación de parámetros y estudio de caso real	53

4. Modelo de optimización para el agendamiento conjunto de la transición cielo abierto/panel caving	55
4.1. Cálculo de envolventes económicas	55
4.2. Modelo de optimización	57
4.2.1. Variables de decisión	57
4.2.2. Función objetivo	58
4.2.3. Restricciones	60
4.3. Metodología de resolución	66
5. Resultados y análisis	67
5.1. Evaluación de restricciones y aplicación en un modelo de prueba	67
5.1.1. Caso sin extracción conjunta	68
5.1.2. Caso con extracción conjunta	71
5.1.3. Caso con extracción secuencial	72
5.1.4. Resumen de resultados para el Caso Base 2D	74
5.2. Caso de estudio	76
5.2.1. Caso sin extracción conjunta	76
5.2.2. Posición de los puntos de inicio	77
5.2.3. Caso con extracción conjunta	83
5.2.4. Variación de parámetros y estudio de caso real	87
5.2.5. Variación de las tasas de extracción e inclusión de nuevo punto de extracción	88
5.3. Resumen y análisis de los resultados del caso de estudio	95
6. Conclusiones y trabajo futuro	98
6.1. Planificación integrada OP-UG	98
6.2. Planificación secuencial OP-UG	99
6.3. Caso de estudio y variantes estudiadas	99
6.4. Modelo de optimización y componentes geomecánicas	100
6.5. Trabajo futuro	101
Bibliografía	103
Anexo A.	107
A.1. Estudio inicial caso base	107
A.1.1. Estadísticas y distribuciones de variables	107
A.1.2. Elección parámetros del método de dilución de Laubscher	108
A.1.3. Resultados del agendamiento sin extracción conjunta	110
A.1.4. Elección de parámetros para el cono de subsidencia	111
A.2. Caso de estudio	112
A.2.1. Estadísticas y distribuciones de variables	112
A.2.2. Resultados para el agendamiento sin extracción conjunta	114
A.2.3. Elección de parámetros para el cono de subsidencia	115
A.2.4. Variación de las tasas de extracción e inclusión de nuevo punto de extracción	117