

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemática .....	1
1.2. Objetivo General.....	2
1.3. Objetivos Específicos .....	2
1.4. Alcances .....	2
<b>2. Estado del arte.....</b>	<b>3</b>
2.1. Métodos Minería subterránea .....	3
2.2. Sublevel Stopping .....	3
2.3. Diseño de caserones .....	5
2.4. Algoritmos de diseño de caserones .....	8
2.5. Mineable Shape Optimiser (MSO).....	9
2.5.1. Generación de tajadas y seed shape.....	11
2.5.2. Optimización de la forma del caserón .....	13
2.6. Deswik en el diseño de caserones.....	14
<b>3. Metodología.....</b>	<b>15</b>
3.1. Evaluación Económica.....	15
3.2. Casos de Estudio.....	15
3.3. Determinación factores .....	16
3.4. Diseño experimental .....	16
3.5. Optimización y Análisis de Factores .....	18
<b>4. Antecedentes.....</b>	<b>20</b>
4.1. Yacimiento.....	20
4.2. Parámetros Económicos.....	23
<b>5. Resultados y Análisis de Resultados.....</b>	<b>25</b>
5.1. Evaluación Económica.....	25
5.2. Sectores yacimiento.....	27
5.2.1. Primer sector .....	27
5.2.2. Segundo Sector .....	30
5.2.3. Tercer Sector .....	33
5.2.4. Análisis factorial de los sectores.....	36
5.3. Yacimiento completo.....	40
5.3.1. Framework .....	40
5.3.2. Resultados optimización .....	42

5.3.3.	Análisis factorial yacimiento completo.....	43
5.4.	Resumen resultados optimización.....	47
5.5.	Análisis final por Factor.....	49
5.5.1.	Factor C.....	49
5.5.2.	Factor A.....	51
5.5.3.	Factor D .....	52
5.5.4.	Factor B.....	54
5.6.	Optimización con enfoque en sectores contiguos .....	55
<b>6.</b>	<b>Conclusión.....</b>	<b>58</b>
<b>7.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>62</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1:	Variables independientes y dependientes.....	16
Tabla 2:	Valores de los factores en estudio.....	17
Tabla 3:	Escenarios del diseño factorial.....	18
Tabla 4:	Estadísticas básicas para el yacimiento completo.....	21
Tabla 5:	Estadísticas básicas para la zona mixta.....	21
Tabla 6:	Estadísticas básicas para la zona sulfuros.....	22
Tabla 7:	Precios a considerar.....	23
Tabla 8:	Costos a considerar.....	24
Tabla 9:	Recuperaciones zona mixta.....	24
Tabla 10:	Recuperaciones zona sulfuros.....	24
Tabla 11:	Estadísticas básicas para ingresos, costos y beneficios por tonelada por bloque.....	25
Tabla 12:	Estadísticas básicas para ingreso, costos y beneficio totales por bloque.....	25
Tabla 13:	Beneficio para cada ley de corte.....	26
Tabla 14:	Dimensiones framework para el sector 1.....	27
Tabla 15:	Punto de origen del Framework para el sector 1.....	27
Tabla 16:	Resultados optimización del sector 1 para cada escenario.....	29
Tabla 17:	Dimensiones framework para el sector 2.....	30
Tabla 18:	Punto de origen framework para el sector 2.....	30
Tabla 19:	Resultados optimización del sector 2 para cada escenario.....	32
Tabla 20:	Dimensiones framework para el sector 3.....	33

Tabla 21: Punto de origen del framework para el sector 3.....	33
Tabla 22: Resultados optimización del sector 3 para cada escenario.....	35
Tabla 23: Tabla ANOVA sectores. ....	38
Tabla 24: Coeficientes codificados sectores. ....	39
Tabla 25: Dimensiones framework para el yacimiento completo. ....	40
Tabla 26: Punto de origen del framework para el yacimiento completo.....	40
Tabla 27: Resultados optimización para el yacimiento completo. ....	42
Tabla 28: Estadísticos del análisis de varianza para el modelo reducido para el yacimiento completo.....	45
Tabla 29: Coeficientes codificados para el modelo reducido del yacimiento completo. ....	45
Tabla 30: Beneficio promedio para cada escenario de los sectores estudiados.....	47
Tabla 31: Beneficio total para cada escenario de los sectores estudiados.....	48
Tabla 32: Efecto del aumento del ancho máximo de caserón en el tonelaje. ....	52
Tabla 33: Efecto del ancho tajada en el beneficio, para el mismo punto de origen. ....	53
Tabla 34: Aporte de cada sector al beneficio total del yacimiento completo.....	56
Tabla 35: Ingreso, costo y beneficio total por bloque para zona sulfurada.....	62
Tabla 36: Ingreso, costo y beneficio total por bloque para zona mixta.....	62
Tabla 37: Coeficientes codificados para el análisis de los 3 sectores. ....	63

## Índice de Figuras

Figura 1: Representación 3D del caserón para sublevel stoping.....	4
Figura 2: Caserones en disposición longitudinal.....	4
Figura 3: Caserones en disposición transversal.....	5
Figura 4: Estabilidad caserón según su forma.....	6
Figura 5: Gráficos de los factores de ajuste del número de estabilidad de Mathews.....	7
Figura 6: Gráfico de estabilidad modificado de Mathews. ....	7
Figura 7: Ejemplo de Shape Framework, orientación en el plano XZ. ....	11
Figura 8: Patrón de tajadas. ....	11
Figura 9: Tajadas apiladas.....	12
Figura 10: Combinación de tajadas formando el seed shape o caserón base. ....	13
Figura 11: Distribución de ley de cobre para el yacimiento completo.....	20
Figura 12: Unidades geológicas zona mixta.....	21
Figura 13: Unidades geológicas zona sulfuros.....	22
Figura 14: Framework ajustado y grande para el sector 1, cota 3400.....	28
Figura 15: Framework ajustado y grande para el sector 2, cota 3400.....	31

Figura 16: Framework ajustado y grande para el sector 3, cota 3400.....	34
Figura 17: Diagrama de Pareto para los sectores. ....	36
Figura 18: Framework ajustado y grande para el yacimiento completo, cota 3400.....	41
Figura 19: Diagrama de Pareto para el modelo completo del yacimiento total. ....	43
Figura 20: Diagrama de Pareto para el modelo reducido del yacimiento total. ....	44
Figura 21: Efecto al aumentar el valor del factor c, para el sector 2. ....	50
Figura 22: Efecto al aumentar el valor del factor A, para el sector 3.....	51
Figura 23: Efecto al aumentar el valor del factor D, para el sector 2. ....	53
Figura 24: Sectorización yacimiento.....	55

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Curva tonelaje-ley para el yacimiento. ....	23
Gráfico 2: Beneficio en función de la ley de corte del cobre. ....	26
Gráfico 3: Curva tonelaje ley para el sector 1. ....	28
Gráfico 4: Curva tonelaje ley para el sector 2. ....	31
Gráfico 5: Curva tonelaje ley para el sector 3. ....	34
Gráfico 6: Análisis de sensibilidad para el factor C.....	50
Gráfico 7: Beneficio para cada sector en función del porcentaje máximo de estéril permitido.....	56

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Numero de estabilidad de Mathews. ....	6
Ecuación 2: Q de Barton modificado. ....	6
Ecuación 3: Cálculo para el ingreso.....	15
Ecuación 4: Cálculo para el costo. ....	15
Ecuación 5: Cálculo para el beneficio.....	15
Ecuación 6: Hipótesis nula y alternativa. ....	19
Ecuación 7: Cálculo grados de libertad.....	62
Ecuación 8: Suma de cuadrados.....	62
Ecuación 9: Cuadrados Medios.....	62
Ecuación 10: Calculo estadístico F. ....	63