

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	MOTIVACIÓN .....	2
1.2	OBJETIVOS .....	3
1.2.1	Objetivo general .....	3
1.2.2	Objetivos específicos.....	3
1.3	ALCANCE .....	3
1.4	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.4.1	Definición del sistema.....	5
1.4.2	Recopilación y estructuración de la información .....	5
1.4.3	Análisis escenario de perforación y obtención de variables relevantes.....	8
1.4.4	Formulación de medidas y planes de acción.....	8
2	ANTECEDENTES .....	9
2.1	ANTECEDENTES GENERALES .....	9
2.2	UBICACIÓN .....	10
2.3	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS .....	12
2.3.1	Geología Estructural y Mineralización .....	12
2.3.2	Aguas Subterráneas.....	14
2.3.3	Litología .....	14
2.3.4	Propiedades Geomecánicas .....	14
2.3.5	Interacción UG.....	15
2.4	MODELO DE OPERACIONES ANGLO AMERICAN .....	17
2.4.1	Planificación Operacional.....	19
2.4.2	Gestión del Trabajo .....	19
2.4.3	Retroalimentación.....	20
2.5	ANTECEDENTES PERFORACIÓN .....	20
2.5.1	Flotas de Perforación .....	22
2.5.2	Tipos de Pozos .....	23
2.5.3	Elección del tricono .....	25
2.5.4	Modelo de Tiempos de Anglo American .....	26
2.5.5	Proceso de Perforación .....	27
2.5.6	Costo total de perforación .....	28
2.5.7	Tasa de Penetración .....	29
2.5.8	Variables de Operación Relevantes.....	30
2.5.9	Método de Perforabilidad de Lubinski.....	32
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	34
3.1	Definición y recopilación de bancos y polígonos .....	34

3.2	Obtención de rendimientos operativos por litología/cavidad/sector .....	35
3.2.1	Distribución de rendimientos por pozo perforadora Pit Viper 271 – Caso Base.....	37
3.2.2	Rendimientos operativos promedios por tipo de pozo – Caso Base .....	43
3.2.3	Rendimiento operativo promedio por cada litología/cavidad/sector – Case Base..	47
3.3	Variables relevantes dentro del rendimiento operativo de perforación .....	49
3.3.1	Repaso de Pozos .....	49
3.3.2	Perforación primaria y variables de operación .....	58
3.3.3	Rendimiento operativo promedio por cada litología/cavidad/sector – Caso Actual	68
3.3.4	Entrega de información relevante para Budget 2021 – segundo semestre.....	70
3.4	ANÁLISIS .....	74
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	78
4.1	Conclusiones Generales.....	78
4.2	Recomendaciones .....	79
5	BIBLIOGRAFÍA .....	80
6	ANEXOS.....	82
6.1	Planificación Operacional .....	82
6.2	Planificar Trabajo .....	82
6.3	Programar Trabajo.....	83
6.4	Asignación de Recursos .....	83
6.5	Recopilación y Estructuración de la Información .....	84
6.6	Polígonos por Fase y Banco .....	86
6.7	Selección de polígonos caso base .....	87
6.8	Selección de polígonos caso actual .....	88
6.9	Distribución de rendimientos por pozo perforadora modelo DMM3-03.....	90
6.9.1	Riodacita.....	90
6.9.2	Andesita Lo Prado .....	90
6.9.3	Andesita Veta Negra .....	90
6.9.4	Santa Clara.....	91
6.10	Distribución de rendimientos por pozo perforadora modelo DMM3-04.....	91
6.10.1	Riodacita.....	91
6.10.2	Andesita Lo Prado .....	92
6.10.3	Relleno.....	92
6.10.4	Santa Clara.....	92
6.10.5	California.....	93
6.11	Distribución de rendimientos por pozo perforadora modelo D75KS – 11 .....	93
6.11.1	Riodacita.....	93
6.11.2	Andesita Lo Prado .....	93
6.11.3	Santa Clara.....	94

6.11.4	California.....	94
6.12	Distribución de rendimientos por pozo perforadora modelo D75KS – 12 .....	95
6.12.1	Riodacita.....	95
6.12.2	Andesita Lo Prado .....	95
6.12.3	Andesita Veta Negra .....	95
6.12.4	Relleno.....	96
6.12.5	California.....	96
6.13	Distribución de rendimientos por pozo perforadora modelo SmartRoc D65 – 14.....	96
6.13.1	Riodacita.....	96
6.13.2	Andesita Lo Prado .....	97
6.13.3	Andesita Veta Negra .....	97
6.14	Distribución de rendimientos por pozo perforadora modelo SmartRoc D65 – 15.....	98
6.14.1	Andesita Lo Prado .....	98
6.14.2	Andesita Veta Negra .....	98
6.15	Rendimientos operativos promedios por pozos para cada perforadora.....	99

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:	Módulo de A&I del Modelo de Operaciones AOM. ....	5
Ilustración 2:	Excel con información de disparos del Programa BlastLogic.....	6
Ilustración 3:	Vista isométrica cavidades Santa Clara y California junto al banco 770. ....	7
Ilustración 4:	Vista en planta de polígono 770-604. ....	7
Ilustración 5:	Vista isométrica polígono 770-604 con el diseño de disparos .....	8
Ilustración 6:	Plano de ubicación mina El Soldado.....	10
Ilustración 7:	Ubicación de las fases en operación y futuras de mina El Soldado.....	11
Ilustración 8:	Flowsheet proceso productivo El Soldado 2021.....	11
Ilustración 9:	Set de fallas yacimiento El Soldado.....	13
Ilustración 10:	Mapa geológico mina El Soldado.....	13
Ilustración 11:	Sección general del área mina El Soldado, coordenada local -600.....	14
Ilustración 12:	Principales cavidades en mina El Soldado. ....	15
Ilustración 13:	Labores subterráneas de Mina el Soldado. ....	16
Ilustración 14:	Componentes Claves del Modelo de Operaciones de Anglo American. ....	18
Ilustración 15:	Proceso de diseño de operación de perforación El Soldado.....	21
Ilustración 16:	Áreas integrales del proceso de diseño operación de perforación El Soldado.....	22
Ilustración 17:	Tipos de triconos e insertos según dureza de la roca. ....	25
Ilustración 18:	Nuevo Modelo de Tiempos de Anglo American.....	27
Ilustración 19:	Proceso de perforación de pozo según antiguo modelo de tiempo. ....	36
Ilustración 20:	Proceso de perforación de pozo según nuevo modelo de tiempo. ....	36
Ilustración 21:	Secuencia de perforación para un equipo de perforación. ....	55
Ilustración 22:	Secuencia de perforación doble fila de borde en plataformas deficientes.....	56
Ilustración 23:	Secuencia de perforación de malla para plataformas con malas condiciones. ....	56
Ilustración 24:	Secuencia de perforación de una malla con interacción de dos o más equipos. ....	56
Ilustración 25:	Pozo A realizado con Hole Control y pozo B realizado sin Hole Control. ....	58
Ilustración 26:	Sección Planificación Operacional del Modelo de Operaciones AAOM. ....	82

Ilustración 27: Sección Planificar Trabajo del Modelo de Operaciones.....	82
Ilustración 28: Sección Programar Trabajo del Modelo de Operaciones.....	83
Ilustración 29: Sección Asignación de Recursos del Modelo de Operaciones. ....	83
Ilustración 30: Tabla de estados programa JMineOps. ....	84
Ilustración 31: Tabla de Rendimiento programa JMineOps. ....	85
Ilustración 32: Cambio de códigos al nuevo modelo de tiempos Anglo American 2021. ....	85

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Rendimiento operativo de perforación de producción año 2020.....	2
Gráfico 2: Rendimiento operativo de perforación de precorte año 2020. ....	2
Gráfico 3: Distribución de los costos de perforación. ....	29
Gráfico 4: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Riodacita.....	37
Gráfico 5: Rendimiento operativo de pozos 100 en Riodacita. ....	37
Gráfico 6: Rendimiento operativo de pozos 200 en Riodacita. ....	37
Gráfico 7: Rendimiento operativo de pozos 300 en Riodacita. ....	37
Gráfico 8: Rendimiento operativo de pozos 400 en Riodacita. ....	37
Gráfico 9: Rendimiento operativo en pozos 50 - 60 en Andesita Lo Prado.....	38
Gráfico 10: Rendimiento operativo de pozos 300 en Andesita Lo Prado. ....	38
Gráfico 11: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Lo Prado. ....	38
Gráfico 12: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Andesita Veta Negra. ....	38
Gráfico 13: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita veta Negra. ....	38
Gráfico 14: Rendimiento operativo de pozos 400 en relleno. ....	38
Gráfico 15: Rendimiento operativo de pozos 300 en Santa Clara. ....	39
Gráfico 16: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en California.....	39
Gráfico 17: Rendimiento operativo de pozos 200 en California. ....	39
Gráfico 18: Rendimiento operativo de pozos 300 en California. ....	39
Gráfico 19: Rendimiento operativo de pozos 500 en California. ....	39
Gráfico 20: Rendimiento operativo de pozos 900 en California. ....	39
Gráfico 21: Diseño de bit según tipo de roca.....	60
Gráfico 22: Selección de la clase IADC del tricono según dureza de la litología. ....	63
Gráfico 23: RPM y WOB según litología.....	66
Gráfico 24: RPM y WOB según tricono. ....	67
Gráfico 25: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Riodacita.....	90
Gráfico 26: Rendimiento operativo de pozos 400 en Riodacita. ....	90
Gráfico 27: Rendimiento operativo de pozos 300 en Andesita Lo Prado. ....	90
Gráfico 28: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Lo Prado. ....	90
Gráfico 29: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Veta Negra.....	90
Gráfico 30: Rendimiento operativo de pozos 400 en Santa Clara. ....	91
Gráfico 31: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Riodacita.....	91
Gráfico 32: Rendimiento operativo de pozos 200 en Riodacita. ....	91
Gráfico 33: Rendimiento operativo de pozos 300 en Riodacita. ....	91
Gráfico 34: Rendimiento operativo de pozos 400 en Riodacita. ....	91
Gráfico 35: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Andesita Lo Prado.....	92
Gráfico 36: Rendimiento operativo de pozos 300 en Andesita Lo Prado. ....	92
Gráfico 37: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Lo Prado. ....	92
Gráfico 38: Rendimiento operativo de pozos 900 en Andesita Lo Prado. ....	92
Gráfico 39: Rendimiento operativo de pozos 400 en relleno. ....	92
Gráfico 40: Rendimiento operativo de pozos 300 en Santa Clara. ....	92
Gráfico 41: Rendimiento operativo de pozos 300 en California.....	93

Gráfico 42: Rendimiento operativo de pozos 500 en California.....	93
Gráfico 43: Rendimiento operativo de pozos 400 en Riodacita.....	93
Gráfico 44: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Andesita Lo Prado.....	93
Gráfico 45: Rendimiento operativo de pozos 100 en Andesita Lo Prado.....	93
Gráfico 46: Rendimiento operativo de pozos 300 en Andesita Lo Prado.....	94
Gráfico 47: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Lo Prado.....	94
Gráfico 48: Rendimiento operativo de pozos 400 en Santa Clara.....	94
Gráfico 49: Rendimiento operativo de pozos 300 en California.....	94
Gráfico 50: Rendimiento operativo de pozos 300 en Riodacita.....	95
Gráfico 51: Rendimiento operativo de pozos 400 en Riodacita.....	95
Gráfico 52: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Andesita Lo Prado.....	95
Gráfico 53: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Lo Prado.....	95
Gráfico 54: Rendimiento operativo de pozos 50 - 60 en Andesita Veta Negra.....	95
Gráfico 55: Rendimiento operativo de pozos 400 en Andesita Veta Negra.....	95
Gráfico 56: Rendimiento operativo de pozos 400 en relleno.....	96
Gráfico 57: Rendimiento operativo de pozos 300 en California.....	96
Gráfico 58: Rendimiento Operativo de pozos 800 en Riodacita.....	96
Gráfico 59: Rendimiento operativo de pozos 600 en Andesita Lo Prado.....	97
Gráfico 60: Rendimiento operativo de pozos 700 en Andesita Lo Prado.....	97
Gráfico 61: Rendimiento operativo de pozos 800 en Andesita Lo Prado.....	97
Gráfico 62: Rendimiento operativo de pozos 800 en Andesita Veta Negra.....	97
Gráfico 63: Rendimiento operativo de pozos 600 en Andesita Lo Prado.....	98
Gráfico 64: Rendimiento operativo de pozos 700 en Andesita Lo Prado.....	98
Gráfico 65: Rendimiento operativo de pozos 800 en Andesita Lo Prado.....	98
Gráfico 66: Rendimiento operativo de pozos 600 en Andesita Veta Negra.....	98
Gráfico 67: Rendimiento operativo de pozos 700 en Andesita Veta Negra.....	98
Gráfico 68: Rendimiento operativo de pozos 800 en Andesita Veta Negra.....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Flotas, características y perforadoras mina El Soldado.....	23
Tabla 2: Tipos de pozos en el diseño de malla.....	24
Tabla 3: Tabla de selección de tricono según dureza y UCS de la roca.....	26
Tabla 4: Principales métricas del nuevo Modelo de Tiempo de Anglo American.....	27
Tabla 5: Velocidades de rotación según tipo de roca.....	31
Tabla 6: Factor de resistencia según serie del tricono.....	32
Tabla 7: Sectores y litologías por analizar mina El Soldado.....	34
Tabla 8: Cantidad de fases, bancos y polígonos seleccionados según variables relevantes.....	34
Tabla 9: Número de polígonos por litología, cavidad o sector del caso base.....	35
Tabla 10: Número de polígonos por litología, cavidad o sector del caso actual.....	35
Tabla 11: Rendimiento operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector Pit Viper 271.....	43
Tabla 12: Rendimiento operativo promedio por perforadora en todos los sectores.....	47
Tabla 13: Rendimiento operativos por flota de perforación en cada litología/cavidad/sector.....	48
Tabla 14: Tiempos de repaso por perforadora en sectores consolidados.....	50
Tabla 15: Potencial rendimiento operativo perdido por repaso en sectores consolidados.....	51
Tabla 16: Metraje potencial perdido por perforadora en roca consolidada.....	52
Tabla 17: Tiempo de repasos por perforadora en sectores no consolidados.....	53
Tabla 18: Potencial de rendimiento operativo de mejora en roca no consolidada.....	53
Tabla 19: Metraje potencial perdido para perforadoras en roca no consolidada.....	54
Tabla 20: Ficha técnica de Martillo Centauro 60.....	59

Tabla 21: Dureza de las litologías presentes en el yacimiento El Soldado. ....	59
Tabla 22: RPM referenciales calculada para la flota de perforación rotopercutiva. ....	60
Tabla 23: WOB requerido por la perforación rotopercutiva. ....	61
Tabla 24: Velocidad de evacuación del detritus (barrido) para perforación rotopercutiva. ....	61
Tabla 25: Selección de los triconos según dureza de las litologías en El Soldado. ....	62
Tabla 26: WOB mínimo según dureza de la roca. ....	64
Tabla 27: WOB máximo según diámetro de perforación. ....	64
Tabla 28: Rango de WOB por serie de tricono para diámetro de 9,875 [pulg]. ....	64
Tabla 29: Rangos de WOB por serie de tricono para diámetro 10,625 [pulg]. ....	64
Tabla 30: Selección de tricono según WOB en Traquita (Riodacita). ....	65
Tabla 31: Selección de tricono según WOB en Andesita Lo Prado. ....	65
Tabla 32: Selección de tricono según WOB en Andesita Veta Negra. ....	65
Tabla 33: Velocidad de aire de barrido según dureza de roca. ....	67
Tabla 34: Rendimiento operativo promedio por perforadora en cada litología/cavidad/sector. ...	68
Tabla 35: Rendimientos operativos promedios por cada litología/cavidad/sector de la mina. ....	69
Tabla 36: Rendimientos operativos promedios por flota de perforación en todos los sectores. ...	70
Tabla 37: Rendimientos operativos promedios actualizados por perforadora en cada sector. ....	70
Tabla 38: Rendimientos operativos promedios por perforadora en todos los sectores. ....	71
Tabla 39: Rendimientos operativos promedios perforadora DMM3 - 03 para plan 12W. ....	71
Tabla 40: Rendimiento operativo promedio perforadora DMM3 - 04 para plan 12W. ....	71
Tabla 41: Rendimiento operativo promedio perforadora Pit Viper 271 para plan 12W. ....	72
Tabla 42: Rendimiento operativo promedio perforadora D75KS - 11 para plan 12W. ....	72
Tabla 43: Rendimiento operativo promedio perforadora D75KS - 12 para plan 12W. ....	72
Tabla 44: Rendimiento operativo promedio perforadora DI600 - 07 para plan 12W. ....	72
Tabla 45: Rendimiento operativo promedio perforadora SmartRoc D65 - 14 para plan 12W. ....	73
Tabla 46: Rendimiento operativo promedio perforadora SmartRoc D65 - 15 para plan 12W. ....	73
Tabla 47: Comparación de metrajes anuales. ....	73
Tabla 48: Propiedades de las Unidades Geotécnicas mina El Soldado. ....	84
Tabla 49: Detalle de bancos y polígonos seleccionados en el estudio. ....	86
Tabla 50: Disparos seleccionados por banco en Riodacita. ....	87
Tabla 51: Disparos seleccionados por banco en Andesita Lo Prado. ....	87
Tabla 52: Disparos seleccionados por banco en Andesita Veta Negra. ....	87
Tabla 53: Disparos seleccionados por banco en Santa Clara. ....	88
Tabla 54: Disparos seleccionados por banco en California. ....	88
Tabla 55: Disparos seleccionados por banco en relleno. ....	88
Tabla 56: Disparos seleccionados por banco en Riodacita. ....	88
Tabla 57: Disparos seleccionados por banco en Andesita Lo Prado. ....	88
Tabla 58: Disparos seleccionados por banco en Andesita Veta Negra. ....	89
Tabla 59: Disparos seleccionados por banco en Santa Clara. ....	89
Tabla 60: Disparos seleccionados por banco en California. ....	89
Tabla 61: Disparos seleccionados por banco en Valdivia. ....	89
Tabla 62: Disparos seleccionados por banco en relleno. ....	89
Tabla 63: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector DMM3 - 03. ....	99
Tabla 64: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector DMM3 - 04. ....	99
Tabla 65: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector D75KS - 11. ....	100
Tabla 66: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector D75KS - 12. ....	100
Tabla 67: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector DI600-07. ....	101
Tabla 68: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector SR D65 - 14. ....	101
Tabla 69: Rendimientos operativos promedios por pozo/litología/cavidad/sector SR D65 - 15. ....	102

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Costo total de perforación TDC. ....	28
Ecuación 2: Estructura del costo total de perforación. ....	28
Ecuación 3: RPM referenciales para perforación rotopercutiva. ....	30
Ecuación 4: RPM operativas ideales para perforación rotopercutiva. ....	30
Ecuación 5: Cálculo del WOB en perforación rotopercutiva. ....	31
Ecuación 6: Cálculo de la resistencia a la carga puntual de un tricono. ....	31
Ecuación 7: Cálculo de la velocidad de barrido. ....	32