

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1	Introducción	1
1.1	Motivación	1
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos específicos.....	2
1.2	Alcances.....	2
1.3	Metodología.....	3
1.3.1	Construcción de base de datos	3
1.3.2	Análisis de datos	3
1.3.3	Identificación de variables críticas	3
1.3.4	Identificación oportunidades de mejora	4
1.3.5	Evaluación de modelo actual y propuesta de mejora	4
1.3.6	Definición de la Metodología y validación.....	4
1.4	Estructura del documento	5
CAPÍTULO 2	Marco teórico y Antecedentes	6
2.1	Descripción de la faena.....	6
2.1.1	Operaciones Mina	8
2.1.2	Perforación en DRT.....	9
2.2	Consideraciones de planificación	11
2.3	Cálculo de flotas.....	12
2.3.1	Norma ASARCO CODELCO Norte [5]	12
2.3.2	Metodología de Cálculo de Equipos en DRT.....	15
2.4	Análisis estadístico.....	17
2.5	Metodología KAIZEN-LEAN	17
CAPÍTULO 3	Metodología	22
3.1	Base de datos	23

3.2	Análisis de datos	24
3.2.1	Análisis indicadores operacionales	24
3.2.2	Demoras no programadas principales.....	36
3.3	Evaluación modelo actual de planificación.....	45
3.4	Estudio de variables relevantes Y SUS RELACIONES.....	48
3.5	Metodología cálculo de indicadores	57
3.6	Propuestas de mejora y su valorización	65
3.6.1	Traslado	66
3.6.2	Tronadura.....	66
3.6.3	Mudas por esperas.....	67
CAPÍTULO 4 Conclusiones		69
CAPÍTULO 5 Bibliografía.....		71
ANEXO A Descripciones por categoría		72
ANEXO B Base de Datos		76
B.1.	Adquisición y consolidación de indicadores mensuales	76
B.2.	Adquisición y consolidación estados por turnos	87
B.3.	Adquisición y consolidación de ubicación y producción	92
B.4.	Análisis por categorías	94
B.6.	Análisis estadístico.....	116
B.7.	Gráficos de dispersión.....	120

Índice de Tablas

Tabla 1 - Perforadoras DRT.....	10
Tabla 2 - Mallas de perforación	10
Tabla 3 - Parámetros para planificación de perforación	11
Tabla 4 - Disponibilidad promedio	25
Tabla 5 - Utilización operativa.....	28
Tabla 6 - Utilización efectiva	30
Tabla 7 - Demoras no programadas	31
Tabla 8 - Rendimiento efectivo promedio periodo estudio, óxidos.....	33
Tabla 9 - Rendimiento efectivo promedio periodo estudio, sulfuros	33
Tabla 10 - Rendimiento efectivo promedio 2015	34
Tabla 11 - Porcentaje demoras no programadas en base disponible.....	37
Tabla 12 - Estimación DNP.....	64
Tabla 13 - Traslado con propuesta de mejora	66
Tabla 14 - %Tronadura BD, máximo por mes.....	67
Tabla 15 - Valores máximos de mudas por esperas.....	68
Tabla 16 - Descripciones Efectivo y D.Prg.....	72
Tabla 17 - Descripciones Fuera de servicio (Mantenimiento)	72
Tabla 18 - Descripciones Reservas y Fuera de servicio (ElecExcl, MantExcl, MecExcl y Eléctrica).....	72
Tabla 19 - Descripciones Fuera de servicio (Mecánica)	74
Tabla 20 - Descripciones D.Noprg.....	75
Tabla 21 - Indicadores planificación largo plazo	76
Tabla 22 - Distribución de tiempos por año Perforadoras producción en base nominal	95
Tabla 23 - Distribución de tiempos por año ROC L8 en base nominal	115

Índice de Figuras

Figura 1 - Líneas de procesamiento de mineral en RT [4]	6
Figura 2 - Fases de óxidos	7
Figura 3 - Fases sulfuros	7
Figura 4 - Secuencia extracción fases de óxidos.....	7
Figura 5 - Secuencia extracción fases de sulfuros	7
Figura 6 - Diagrama operaciones unitarias	8
Figura 7 - Esquema proveedores – Clientes para Perforación (14)	9
Figura 8 - Esquema cálculo de perforadoras	11
Figura 9 - Esquema Norma ASARCO.....	12
Figura 10 - Esquema MUDAS	18
Figura 11 - Ejemplo diagrama espagheti (Grupo PDCA Home, 2013)	19
Figura 12 - Ejemplos de gestión visual	21
Figura 13 - Ejemplo de estándar.....	21
Figura 14 - Esquema Metodología.....	22
Figura 15 - Disponibilidad mensual por flota.....	24
Figura 16 - Pareto fallas flota PV 1	26
Figura 17 - Pareto fallas flota PV 2	26
Figura 18 - Pareto fallas flota DML	26
Figura 19 - Pareto fallas flota ROC.....	27
Figura 20 - Utilización operativa mensual por flota	27
Figura 21 - Reserva mensual por flota.....	29
Figura 22 - Utilización efectiva promedio mes por flota	30
Figura 23 - DNP promedio mes por flota	31
Figura 24 - Demoras programadas mensuales por flota.....	32
Figura 25 - Histograma rendimiento por flota en óxidos	32

Figura 26 - Histograma rendimiento por flota en sulfuro	33
Figura 27 - m perforados por día DML.....	34
Figura 28 - m perforados por día ROC	34
Figura 29 - m perforados por día PV1	35
Figura 30 - m perforados por día PV 2.....	35
Figura 31 - Pareto DNP perforadoras de producción.....	36
Figura 32 - Pareto DNP perforadoras control pared	36
Figura 33 - Histograma traslado de equipos	38
Figura 34 - Histograma Tronadura.....	38
Figura 35 - Histograma de demora por abastecimiento de agua	39
Figura 36 - Demora por espera de agua.....	40
Figura 37 - Histograma cambio de aceros	40
Figura 38 - Histograma corte energía necesaria para la operación	41
Figura 39 - Histograma espera sitio para perforar	42
Figura 40 - Histograma espera combustible y energía	42
Figura 41 - Histograma demora no programada “otros”.....	43
Figura 42 - Histograma demora Incidente o accidente	44
Figura 43 - Ajuste de modelo de planificación para perforadoras de producción	45
Figura 44 - Diferencia entre modelo planificación y real perforadoras de producción	46
Figura 45 - Ajuste de modelo de planificación perforadoras de control pared	46
Figura 46 - Diferencia entre modelo de planificación y real para perforadoras de control pared.....	47
Figura 47 - Gráfico dispersión disponibilidad versus utilización efectiva	49
Figura 48 - Gráfico de dispersión utilización efectiva versus número de posiciones por día.....	49
Figura 49 - Gráfico de dispersión de utilización efectiva versus rendimiento efectivo por cantidad de posiciones en el día	50

Figura 50 - Gráfico dispersión entre utilización operativa y efectiva	51
Figura 51 - Gráfico dispersión UE vs DNP	51
Figura 52 - Gráfico dispersión UE vs número equipos por frente	52
Figura 53 - Gráfico dispersión DNP vs número de equipos por frente.....	52
Figura 54 - Gráfico distribución UE por cantidad de equipos por banco	53
Figura 55 - Gráfico de dispersión metros versus ancho equivalente	54
Figura 56 - Gráfico de dispersión m vs banco	54
Figura 57 - Productividad diaria por fase	55
Figura 58 - Gráfico dispersión productividad diaria vs radio hidráulico	55
Figura 59 - Gráfico dispersión producción diaria vs n° de equipos por frente.....	56
Figura 60 - Gráfico de dispersión UE vs Radio hidráulico.....	56
Figura 61 - Foto fase 18, banco angosto con 5 equipos	58
Figura 62 - Gráficos de distribución DNP principales	59
Figura 63 - Distribución de reservas por flota	61
Figura 64 - Distribución demoras programadas por flota	63
Figura 65 - UE promedio por cantidad de equipos por frente	64
Figura 66- Estándar de traslados.....	66
Figura 67 - Estándar de evacuación de tronadura	67
Figura 68 - Estándar de abastecimiento de agua	68
Figura 69 - Reporte Disponibilidad Equipos RT	76
Figura 70 - Indicadores mensuales 2012.....	77
Figura 71 - Indicadores mensuales 2013.....	77
Figura 72 - Indicadores mensuales 2014.....	78
Figura 73 - Indicadores mensuales 2015.....	78
Figura 74 - Estadísticas indicadores mensuales.....	79
Figura 75 - Gráfico cantidad de equipos	79

Figura 76 - Gráfico disponibilidad de flotas.....	80
Figura 77 - Disponibilidad DML por año.....	81
Figura 78 - Disponibilidad Pit Viper FL1.....	81
Figura 79 - Disponibilidad Pit Viper FL2.....	82
Figura 80 - Disponibilidad ROC L8	82
Figura 81 - Utilización operativa por flota.....	83
Figura 82 - Reservas por flota	84
Figura 83 - Utilización efectivas por flota	85
Figura 84 - Demoras programadas por flota	85
Figura 85 - Demoras no programadas por flota	86
Figura 86 - Reporte Estado por Equipos.....	87
Figura 87 - Ejemplo planilla Compilado RT.....	88
Figura 88 - Código principal consolidado.m.....	89
Figura 89 - Código calendario.m.....	90
Figura 90 – Código buscar_equipo.m.....	91
Figura 91 - Código time2horas.m	91
Figura 92 - Código 'sumar_iguales.m'.....	92
Figura 93 - Reporte Fase Banco TotalView	92
Figura 94 - Definición de variables de diseño	93
Figura 95 - Base de datos consolidada.....	94
Figura 96 – Categorías Perforadoras Producción meses 2012	96
Figura 97 – Categorías Perforadoras Producción meses 2013	97
Figura 98 – Categorías Perforadoras Producción meses 2014	98
Figura 99 – Categorías Perforadoras Producción meses 2015	99
Figura 100 – Categorías Flota DML meses 2012	100
Figura 101 – Categorías Flota DML meses 2013	101

Figura 102 – Categorías Flota DML meses 2014	102
Figura 103 – Categorías Flota DML meses 2015	103
Figura 104 – Categorías Flota Pit Vipper FL1 meses 2012	104
Figura 105 – Categorías Flota Pit Vipper FL1 meses 2013	105
Figura 106 – Categorías Flota Pit Vipper FL1 meses 2014	106
Figura 107 – Categorías Flota Pit Vipper FL1 meses 2015	107
Figura 108 – Categorías Flota Pit Vipper FL2 meses 2012	108
Figura 109 – Categorías Flota Pit Vipper FL2 meses 2013	109
Figura 110 – Categorías Flota Pit Vipper FL2 meses 2014	110
Figura 111 – Categorías Flota Pit Vipper FL2 meses 2015	111
Figura 112 - Categorías ROC L8 meses 2012.....	112
Figura 113 - Categorías ROC L8 meses 2013.....	113
Figura 114 - Categorías ROC L8 meses 2014.....	114
Figura 115 - Categorías ROC L8 meses 2015.....	115
Figura 116 - Estadísticas DNP	116
Figura 117 - Estadísticas DP	116
Figura 118 - Estadísticas horas efectivas	117
Figura 119 - Estadística de reservas	117
Figura 120 - Estadísticas metros por día	118
Figura 121 - Estadísticas rendimiento efectivo	118
Figura 122 - Estadística ancho equivalente	119
Figura 123 - Estadística razón de elongación.....	119
Figura 124 - Estadística de radio hidráulico.....	120
Figura 125 - Gráfico de dispersión FS vs m.....	120
Figura 126 - Gráfico de dispersión rendimiento efectivo vs m	121
Figura 127 - Gráfico de dispersión demoras no programadas versus metros ...	121