

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Contexto.....	2
1.2.	Objetivos.....	3
1.2.1.	Objetivo general.....	3
1.2.2.	Objetivos específicos.....	3
1.3.	Alcance.....	3
1.4.	Estructura del documento.....	4
2.	Antecedentes de la faena.....	5
2.1.	Antecedentes generales.....	5
2.2.	Recursos y reservas mineras.....	8
2.3.	Antecedentes geológicos de yacimiento.....	9
2.4.	Gerencia Business Improvement and Risk.....	10
2.4.1.	Área de Risk.....	11
2.4.2.	Superintendencia de Analyze and Report.....	12
2.4.3.	Superintendencia de Improve.....	12
3.	Revisión bibliográfica.....	13
3.1.	Norma Asarco.....	13
3.1.1.	Definición de tiempos.....	13
3.2.	Modelo de tiempo Anglo American Copper.....	14
3.2.1.	Definiciones de elemento primario o estado de tiempo.....	15
3.2.2.	Definiciones de elemento secundario o categoría de tiempo.....	16
3.2.3.	Indicadores claves de desempeño (KPI).....	17
3.3.	Sistemas de control de pérdidas operacionales.....	21
3.3.1.	Proyecto Mina Chuquicamata 2000.....	21
3.3.2.	Sistema de gestión de pérdidas División El Teniente.....	23
3.3.3.	Sistema de gestión de pérdidas Candelaria.....	25
3.3.4.	Definiciones de pérdida operacional en otras faenas.....	27
3.3.5.	Procedimiento de control de pérdidas en plantas de la operación Los Bronces 28	
3.4.	Software de detección de pérdidas.....	29
3.4.1.	Dispatch.....	30
3.4.2.	SEP.....	32
3.5.	Métodos de análisis:.....	33
3.5.1.	Pareto.....	33
3.5.2.	Análisis de criticidad.....	34

3.5.3.	Método de los 5 Por qué:.....	35
3.5.4.	Diagrama de Ishikawa .....	35
3.5.5.	Diagrama lógico de falla (árbol de falla) .....	37
4.	Metodología .....	39
5.	Sistema de gestión de pérdidas operacionales: Caso base.....	42
5.1.	Operación del sistema.....	42
5.2.	Análisis del sistema.....	43
6.	Mejoramiento del sistema de gestión de las pérdidas operacionales .....	44
6.1.	Definición y alcance .....	45
6.1.1.	Definición de pérdida operacional.....	45
6.1.2.	Alcance del control de pérdidas operacionales .....	46
6.2.	Levantamiento de criterios .....	47
6.2.1.	Gestión Mina.....	47
6.2.2.	Reuniones con los procesos de mina .....	48
6.2.3.	Gestión Planta .....	49
6.3.	Procedimiento del control de pérdidas en la operación Los Bronces .....	49
6.3.1.	Procedimiento mina-chancado: .....	50
6.3.2.	Procedimiento planta: .....	54
6.4.	Análisis de las pérdidas operacionales .....	58
6.4.1.	Análisis global sobre las pérdidas operacionales .....	59
6.4.2.	Pérdidas operacionales por proceso .....	62
6.4.3.	Levantamiento de las principales causas de pérdidas en la operación .....	72
6.5.	Mecanismos de optimización de los procesos .....	83
6.5.1.	PMO .....	83
6.5.2.	Resultados Rápidos.....	83
6.5.3.	Mente.....	84
7.	Conclusiones.....	85
8.	Recomendaciones .....	87
9.	Glosario y abreviaciones .....	89
10.	Bibliografía.....	90
11.	Anexos .....	92
11.1.	Anexo A: Control de pérdidas .....	92
11.1.1.	Ficha registro de control de perdidas .....	92
11.1.2.	Presentación control de pérdidas caso base.....	94
11.1.3.	Presentación control de pérdidas modificada .....	95
11.1.4.	Resumen Turno.....	98

11.2.	Anexo B: Diagramas de Pareto.....	100
11.3.	Anexo C: Desafíos Mente .....	101
11.4.	Anexo D: Sistemas de las palas cables .....	102

# Índice de Ilustraciones

Ilustración 1-1: Reducción de precios de commodities que explota Anglo American 2015. ....	2
Ilustración 2-1: Vista satelital de la operación Los Bronces. ....	6
Ilustración 2-2: Fases en la operación Los Bronces. ....	7
Ilustración 2-3: Mapa esquemático de la plantas en la operación Los Bronces. ....	8
Ilustración 2-4: Vista de perfil este-oeste del modelo de bloques del yacimiento Los Bronces. ....	8
Ilustración 2-5: Unidades geológicas Los Bronces. ....	10
Ilustración 2-6: Organigrama Vicepresidencia de Operaciones. ....	11
Ilustración 2-7: Organigrama de la Gerencia Business Improve and Risk. ....	11
Ilustración 3-1: Mapa de procesos mina División El Teniente. ....	24
Ilustración 3-2: Esquema de la metodología del sistema de gestión de pérdidas en la División El Teniente. (Arce, et al., 2008) ....	25
Ilustración 3-3: Diagrama de flujo del control de pérdidas en las plantas. ....	29
Ilustración 3-4: Sistema Dispatch. (Modular Mining System, 2014) ....	31
Ilustración 3-5: Modelo minero en Dispatch. (Modular Mining System, 2014) ....	31
Ilustración 3-6: Funcionamiento SEP. ....	32
Ilustración 3-7: Gráfico del Analizador de Eventos. (Gómez & Gómez, 2008) ....	33
Ilustración 3-8: Matriz de criticidad. ....	34
Ilustración 3-9: Diagrama causa-efecto o Ishikawa. ....	37
Ilustración 3-10: Diagrama lógico de falla o árbol de falla. ....	38
Ilustración 4-1: Principales etapas para el desarrollo del trabajo. ....	39
Ilustración 4-2: Flujo de procesos mina-planta. ....	40
Ilustración 5-1: Esquema de la interacción entre las áreas en el sistema de control de pérdidas operacionales: caso base. ....	42
Ilustración 6-1: Esquema de la interacción entre las áreas en el sistema mejorado de control de pérdidas operacionales. ....	45
Ilustración 6-2: Pérdidas operacionales en el modelo de tiempo AAC. ....	46
Ilustración 6-3: Limite de batería. ....	46
Ilustración 6-4: Resumen de las etapas del procedimiento de control de pérdidas. ....	50
Ilustración 6-5: Esquema del procedimiento de control de pérdidas mina-chancado. ....	53
Ilustración 6-6: Esquema procedimiento de control de pérdidas planta. ....	57
Ilustración 6-7: Matriz de criticidad en producción. ....	79
Ilustración 6-8: Matriz de criticidad en extracción. ....	81
Ilustración 6-9: Mecanismo de Rapid Result (Reyes & Berenguela, 2016). ....	84
Ilustración 11-1: Ficha de Registro Control de Pérdidas: descripción y causas. ....	92
Ilustración 11-2: Ficha de Registro Control de Pérdidas: planes de acción e impacto. ....	93
Ilustración 11-3: Ficha de Registro Control de Pérdida: análisis causa-raíz. ....	93
Ilustración 11-4: Presentación de control de pérdidas. ....	94
Ilustración 11-5: Presentación de control de pérdidas modificada. ....	95
Ilustración 11-6: Control de pérdidas principales pérdidas. ....	96
Ilustración 11-7: Control de pérdidas detalle principales pérdidas. ....	97
Ilustración 11-8: Presentación control de pérdidas: fichas del mes. ....	98
Ilustración 11-9: Resumen turno. ....	99
Ilustración 11-10: Desafío Mente: Espera por Tronadura. ....	101
Ilustración 11-11: Desafío Mente: Accidentes en la conducción. ....	102

Ilustración 11-12: Sistema de levante. ....	103
Ilustración 11-13: Sistema de empuje. ....	104
Ilustración 11-14: Sistema de giro. ....	104
Ilustración 11-15: Sistema de propulsión. ....	105
Ilustración 11-16: Balde.....	105
Ilustración 11-17: Tornamesa.....	106
Ilustración 11-18: Bastidor.....	106

## Índice de Tablas

Tabla 1-1: Cumplimiento 2016. ....	2
Tabla 2-1: Resultados cobre fino y molibdeno fino 2013-2016.....	5
Tabla 3-1: Norma Asarco. ....	14
Tabla 3-2: Modelo de tiempo Anglo American Copper.....	14
Tabla 3-3: Metodología general Proyecto Mina Chuquicamata 2000.....	22
Tabla 3-4: Definición de pérdidas en Chuquicamata.....	23
Tabla 3-5: Pérdidas operacionales en AMSA. (Bonzi, 2016) .....	27
Tabla 3-6: Comparación definición de pérdida operacional. ....	28
Tabla 6-1: Criterios sobre pérdidas operacionales. ....	47
Tabla 6-2: Matriz criterio aplicación de análisis causa-raíz en mina-chancado.....	51
Tabla 6-3: Matriz criterio aplicación de análisis causa-raíz en planta.....	55
Tabla 6-4: Detalle pérdidas mina y planta. ....	61
Tabla 6-5: Pérdidas asociadas a material extraído. ....	61
Tabla 6-6: Tabla de criticidad causas de pérdida cobre fino. ....	80
Tabla 6-7: Tabla de criticidad causas de pérdida extracción.....	82

## Índice de Gráficos

Gráfico 6-1: Frecuencia de eventos por proceso entre enero 2016 - agosto 2017.....	59
Gráfico 6-2: Impacto de las pérdidas en toneladas de cobre fino por proceso (enero 2016 - agosto 2017). .....	60
Gráfico 6-3: Distribución mensual de incidentes por proceso.....	61
Gráfico 6-4: Valorización de pérdidas en cobre fino y MUSD.....	62
Gráfico 6-5: Pérdidas operacionales por perforación y tronadura en cobre fino. ....	63
Gráfico 6-6: Pérdidas operacionales por perforación y tronadura en extracción. ....	64
Gráfico 6-7: Pérdidas operacionales por carguío en cobre fino.....	64
Gráfico 6-8: Pérdidas operacionales por carguío en extracción. ....	65
Gráfico 6-9: Pérdidas operacionales por transporte en extracción.....	66
Gráfico 6-10: Pérdidas operacionales por servicios mina en extracción. ....	67
Gráfico 6-11: Pérdidas operacionales por mantención mina en extracción.....	68
Gráfico 6-12: Pérdidas operacionales por chancado en cobre fino. ....	69
Gráfico 6-13: Pérdidas operacionales por planta de molienda Los Bronces en cobre fino. ....	70
Gráfico 6-14: Pérdidas operacionales por planta de molienda Confluencia en cobre fino. ....	71
Gráfico 6-15: Pérdidas operacionales por plata Las Tórtolas en cobre fino y molibdeno fino. ....	72
Gráfico 6-16: Pérdidas en toneladas de cobre fino por hora. ....	73
Gráfico 6-17: Pérdidas en material de extraído por hora.....	75
Gráfico 6-18: Impacto promedio en cobre fino por evento. ....	76
Gráfico 6-19: Impacto promedio en millones de dólares por evento. ....	77
Gráfico 6-20: Impacto promedio en material de extracción por evento. ....	78
Gráfico 6-21: Análisis de las principales causas de pérdida en cobre fino. ....	79
Gráfico 6-22: Principales causas de pérdida de cobre fino. ....	80
Gráfico 6-23: Análisis de principales causas de pérdida en extracción.....	81
Gráfico 6-24: Principales causas de pérdida de material extraído. ....	82
Gráfico 11-1: Pareto de causas de pérdida en cobre fino. ....	100
Gráfico 11-2: Pareto de causas de pérdida en material extraído. ....	101

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 3-1: Tiempo controlable.....	17
Ecuación 3-2: Utilización general.....	18
Ecuación 3-3: Efectividad general de los equipos.....	18
Ecuación 3-4: Disponibilidad física.....	18
Ecuación 3-5: Disponibilidad mecánica/eléctrica.....	18
Ecuación 3-6: Disponibilidad operacional.....	19
Ecuación 3-7: Relación de mantención.....	19
Ecuación 3-8: Uso de disponibilidad física.....	19
Ecuación 3-9: Eficiencia.....	19
Ecuación 3-10: Rendimiento efectivo.....	19
Ecuación 3-11: Rendimiento operativo.....	20
Ecuación 3-12: Tiempo medio entre detenciones.....	20
Ecuación 3-13: Tiempo medio entre detenciones no programadas.....	20
Ecuación 3-14: Tiempo medio entre fallas.....	20
Ecuación 3-15: Tiempo medio para reparar detenciones.....	20
Ecuación 3-16: Tiempo medio para reparar detenciones no programadas.....	21
Ecuación 3-17: Tiempo medio para reparar fallas.....	21
Ecuación 3-18: Criticidad.....	35