

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Alcances.....	2
1.4	Revisión Bibliográfica.....	3
2.	Metodología.....	19
2.1	Conceptualización del problema.....	19
2.2	Documentación.....	20
2.3	Recopilación y organización de datos.....	20
2.4	Manejo y análisis de datos.....	23
2.5	Digitalización de la información.....	27
3.	Resultados.....	29
3.1	Categorías y subcategorías estándar de CNC.....	29
3.2	Estadísticas de CNC.....	31
3.3	Eventos de mejora.....	63
3.4	Estimación de efectos al tomar medidas preventivas.....	69
3.5	Digitalización de la información.....	69
4.	Discusión.....	72
4.1	Categorización estándar de CNC.....	72
4.2	Análisis de CNC.....	72
4.3	Eventos de mejora.....	79
4.4	Digitalización de la información.....	82
5.	Conclusiones.....	83
5.1	CNC críticas.....	83

5.2	Medidas preventivas	84
5.3	Recomendaciones	86
6.	Glosario	87
7.	Bibliografía.....	88
8.	Anexos.....	91
	Anexo A: Resumen Extendido	91
	Anexo B: Base de datos resumida eventos de mejora.....	100
	Anexo C: Memoria de cálculo estimación de efectos al tomar medidas preventivas. ...	103

Índice de figuras

Figura 1:	Ubicación geográfica de las divisiones de Codelco (Codelco, 2020).....	5
Figura 2:	Sección vertical que plasma las reservas minerales, el rajo final de Chuquicamata y los niveles de extracción (Flores & Catalán, 2019).....	6
Figura 3:	Isométrica Mina El Teniente y Proyecto Andes Norte Nuevo Nivel Mina (Codelco, 2019).....	8
Figura 4:	Layout muros Proyecto Talabre Etapa VIII. Región de Antofagasta, comuna de Calama (Codelco, 2017).....	9
Figura 5:	Conjunto de herramientas MGP (Codelco, 2019).....	13
Figura 6:	Etapas Full Potential (Codelco, 2019).	14
Figura 7:	Secuencia de desarrollo Obeya. Elaboración propia.....	15
Figura 8:	Secuencia de desarrollo POD. Elaboración propia.	15
Figura 9:	Diagrama de elección de RdP (Codelco & TBM Consulting Group, 2020).....	16
Figura 10:	Ejemplo de aplicación de herramientas MGP (Codelco, 2019).....	18
Figura 11:	Etapas de la metodología utilizada en el estudio.	19
Figura 12:	Etapas realizadas en la recopilación y organización de la información. Elaboración propia.....	21
Figura 13:	Diagrama de actividades de CNC (Codelco, 2019).....	22
Figura 14:	Ejemplo de gráfico de Pareto genérico. Elaboración propia.....	24

Figura 15: Ejemplo de diagrama de Jackknife (Cárdenas, 2014).....	25
Figura 16: Diagrama de etapas de análisis de eventos de mejora. Elaboración propia.	26
Figura 17: Distribución de CNC.....	30
Figura 18: Pareto de frecuencia de CNC para la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco.	32
Figura 19: Pareto de frecuencia de CNC para los contratos mineros.	33
Figura 20: Pareto de frecuencia de CNC para los contratos de infraestructura.....	34
Figura 21: Pareto de frecuencia de CNC para el contrato de movimiento de tierra.	35
Figura 22: Pareto de frecuencia de CNC para los contratos mineros monofrente.	36
Figura 23: Pareto de frecuencia de CNC para los contratos mineros multifrente.	37
Figura 24: Pareto de frecuencia de CNC para la disciplina montaje.....	38
Figura 25: Pareto de frecuencia de CNC para la disciplina de obras civiles.....	39
Figura 26: Pareto de frecuencia de CNC para la disciplina de Piping.	40
Figura 27: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC10.....	41
Figura 28: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC10.....	42
Figura 29: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC13.....	43
Figura 30: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC13.....	44
Figura 31: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC23B.....	45
Figura 32: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC23B.....	46
Figura 33: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC23B.....	46
Figura 34: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC24B.....	47
Figura 35: Diagrama de Jackknife de CNC, línea 3 contrato CC24B.....	48
Figura 36: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC24B.....	48
Figura 37: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC51.....	49
Figura 38: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC51.	50
Figura 39: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC51.....	50

Figura 40: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC81.....	51
Figura 41: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC81.	52
Figura 42: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC81.....	52
Figura 43: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC82.....	53
Figura 44: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC82.	54
Figura 45: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC82.....	54
Figura 46: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC85.....	55
Figura 47: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC85	56
Figura 48: Identificación de las CNC críticas y cuantificación del impacto por etapa del contrato, contrato CC85.....	56
Figura 49: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC86.....	57
Figura 50: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC86.	58
Figura 51: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC001.....	59
Figura 52: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC001.	60
Figura 53: Pareto de frecuencia de CNC, contrato CC13.....	61
Figura 54: Diagrama de Jackknife de CNC, contrato CC13.	62
Figura 55: Gráfico distribución de tipos de Eventos de mejora recopilados.....	63
Figura 56: Distribución de eventos de mejora por tipo de contrato	63
Figura 57: Gráfico de la efectividad de eventos Kaizen.....	64
Figura 58: Gráfico de la efectividad de eventos de Resolución de problemas.....	64
Figura 59: Gráfico del valor ganado por eventos de mejora.	65
Figura 60: Diagrama de funcionamiento Sipro.	70
Figura 61: Dashboard de CNC. Elaboración propia.....	70
Figura 62: Dashboard de eventos de mejora. Elaboración propia.....	71
Figura 63: Resumen de acciones propuestas a partir de los eventos de mejora. Elaboración propia.....	81
Figura 64: Pilares que sustentan las medidas preventivas. Elaboración propia.	85
Figura 65: Pareto de frecuencia de CNC para la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco.	95

Figura 66: Resumen de acciones propuestas a partir de los eventos de mejora. Elaboración propia.....	96
--	----

Índice de tablas

Tabla 1: Producción de cobre por países 2019.....	3
Tabla 2: Producción chilena de cobre por empresa 2019.....	4
Tabla 3: Contratos de construcción analizados de PMCHS.....	7
Tabla 4: Contratos de construcción analizados de Andes Norte NNM.....	8
Tabla 5: Contratos de construcción analizados de Talabre Etapa VIII.....	9
Tabla 6: Resumen eventos de mejora.....	17
Tabla 7: Subcategorías de las CNC.....	30
Tabla 8: Subcategorías de las CNC.....	31
Tabla 9: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia.....	32
Tabla 10: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para los contratos mineros.....	33
Tabla 11: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para los contratos de infraestructura.....	34
Tabla 12: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para los contratos de movimiento de tierra.....	35
Tabla 13: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para la disciplina minea monofrente.....	36
Tabla 14: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para la disciplina minea multifrente.....	37
Tabla 15: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para la disciplina de montaje.....	38
Tabla 16: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para la disciplina de obras civiles.....	39
Tabla 17: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para la disciplina de piping.....	40

Tabla 18: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC10.....	41
Tabla 19: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC13.....	43
Tabla 20: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC23B.....	45
Tabla 21: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC24B.....	47
Tabla 22: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC51.....	49
Tabla 23: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC81.....	51
Tabla 24: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC82.....	53
Tabla 25: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC85.....	55
Tabla 26: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC86.....	57
Tabla 27: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC001.....	59
Tabla 28: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia para el contrato CC13.....	61
Tabla 29: Acciones realizadas por eventos de mejora en contratos mineros.	66
Tabla 30: Acciones realizadas por eventos de mejora en contratos de infraestructura.	67
Tabla 31: Acciones realizadas por eventos de mejora en contratos de movimiento de tierra.	68
Tabla 32: Reducción estimada de la ocurrencia de CNC al utilizar medidas preventivas. ..	69
Tabla 33: Reducción estimada del impacto de CNC al utilizar medidas preventivas.....	69
Tabla 34: Recomendación de incorporación para las acciones preventivas principales.	86
Tabla 35: Subcategorías de las categorías de CNC de mayor ocurrencia.	95
Tabla 36: Base de datos resumida eventos de mejora recopilados.....	100

Tabla 37: Frecuencia e Impacto de CNC real antes del evento de mejora para contratos mineros.	103
Tabla 38: Frecuencia e Impacto estimada al tomar medidas preventivas para contratos mineros.	103
Tabla 39: Indicadores totales para el conjunto de CNC.	103
Tabla 40: Tabla de equivalencia de impacto horas a metros.	103
Tabla 41: Frecuencia e Impacto de CNC real antes del evento de mejora para contratos de infraestructura.	104
Tabla 42: Frecuencia e Impacto estimada al tomar medidas preventivas para contratos de infraestructura.	104
Tabla 43: Indicadores totales para el conjunto de CNC.	104
Tabla 44: Frecuencia e Impacto de CNC real antes del evento de mejora para contratos de movimiento de tierra.	104
Tabla 45: Frecuencia e Impacto estimada al tomar medidas preventivas para contratos de movimiento de tierra.	104

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Impacto en plazo de las CNC.	25
Ecuación 2: Impacto en ventas de las CNC.	25
Ecuación 3: Valor ganado por evento de mejora.	27
Ecuación 4: Efectividad evento de mejora.	27