

ÍNDICE.

Agradecimientos.	II
Dedicatoria.	III
Resumen.	IV
Abstract.	V
Índice.	VI
CAPITULO 1 Introducción.	1
1.1 Antecedentes y motivación.	2
1.2 Descripción del problema.	2
1.3 Solución propuesta.	2
1.4 Objetivos y alcances del proyecto.	3
1.5 Metodologías y herramientas.	4
1.6 Resultados obtenidos.	4
1.7 Organización el documento.	5
CAPITULO 2 Fundamentos teóricos.	6
2.1 Antecedentes de la empresa.	7
2.1.1 Corporación nacional del cobre (CODELCO).	7
2.1.2 División EL TENIENTE.	7
2.1.3 Mantenimiento NAVE.	11
2.1.4 Procesos de la fundición CALETONES.	11
2.1.5 Moldeo de productos.	16
2.1.6 Limpieza de gases.	16
2.2 Equipo en estudio.	18
2.2.1 Rueda de moldeo.	18
2.3 Principales componentes del equipo.	19
2.3.1 Take-off.	19
2.3.2 Estructura soportante.	21
2.3.3 Estanque de enfriamiento.	23
2.3.4 Sistema motriz.	26
2.3.5 Sistema de refrigeración de moldes.	27
2.3.6 Extractor de vapor.	28

2.3.7 Sistema de pintado de moldes.	29
2.3.8 Unidad hidráulica.	30
2.3.9 Canales de moldeo.	31
2.3.10 Extractor de ánodos.	32
2.4 Análisis del modo de falla y efecto (FMEA).	33
2.4.1 Objetivo del análisis.	34
2.4.2 Pre-requisitos para el análisis.	34
2.4.3 Utilización del formulario del FMEA.	35
2.4.4 Etapas de elaboración del FMEA.	36
CAPITULO 3 Desarrollo de la solución.	47
3.1 Ubicación de los equipos en estudio.	48
3.2 Mantenimiento preventivo.	48
3.2.1 Pautas de mantenimiento preventivo (especialidad mecánica).	49
3.3 Aplicaciones del análisis FMECA.	51
3.3.1 Consideraciones para el análisis.	51
3.3.2 Análisis FMECA, equipo take-off.	52
3.3.3 Determinación de la solución.	62
CAPITULO 4 Exposición de resultados.	69
4.1 Resultados obtenidos.	70
4.2 Criterios utilizados para la creación de pautas.	70
4.2.1 Pautas de inspección y mantenimiento mensual.	70
4.3 Valores obtenidos para el take-off.	72
4.4 Valores obtenidos estanque de enfriamiento.	74
4.5 Valores obtenidos para la estructura de la rueda.	76
4.6 Criterio de discriminación de los valores obtenidos del índice de riesgo de cada modo de falla.	78
4.7 Resultados obtenidos de gráficos.	80
4.7.1 Resultados para el take-off, falla de alto riesgo.	80
4.7.2 Resultado para el take-off, fallas de muy alto riesgo.	81
4.7.3 Resultado para el estanque de enfriamiento, fallas de alto riesgo.	81
4.7.4 Resultado para el estanque de enfriamiento, fallas de muy alto riesgo.	81
4.7.5 Resultado para estructura de la rueda, fallas de alto riesgo.	82
4.7.6 Resultado para estructura de la rueda, fallas de muy alto riesgo.	82

CAPITULO 5 Discusión de resultados.	83
5.1 Análisis de los resultados obtenidos.	84
5.2 Descomposición de resultados equipo take-off.	84
5.2.1 Componentes que arrojaron alto riesgo.	84
5.2.2 componentes que arrojaron muy alto riesgo.	85
5.3 Descomposición de resultados, equipo estanque de enfriamiento.	85
5.3.1 Componentes que arrojaron alto riesgo.	85
5.3.2 Componentes que arrojaron muy alto riesgo.	86
5.4 Descomposición de resulta de estructura de la rueda.	86
5.4.1 Componentes que arrojaron alto riesgo.	86
5.4.2 Componentes que arrojaron muy alto riesgo.	87
5.5 Creación de pautas de mantenimiento.	88
CAPITULO 6 Conclusiones y proyecciones.	89
6.1 Conclusiones.	90
6.2 Proyecciones.	91
6.3 Bibliografía.	91
CAPITULO 7 Anexos.	92
7.1 Glosario técnico.	93
7.2 Procedimiento de seguridad asociada a la ejecución de las pautas.	94
7.3 Materiales de apoyo para la creación de las pautas.	95
7.3.1 Planos take-off.	95
7.3.2 Planos estructura de la rueda.	96
7.3.3 Planos estanque de enfriamiento.	97
7.4 Pautas de mantenimiento para equipos del proceso de moldeo de ánodos.	99

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1.- Organigrama fundición CALETONES.	9
Figura 2.2.- Diagrama de las unidades que componen la superintendencia de mantenimiento.	10
Figura 2.3.- Diagrama de las áreas que componen la unidad de mantención.	11
Figura 2.4.- Diagrama representa el proceso de conversión del cobre.	17
Figura 2.5.- Equipo rueda de moldeo de ánodos.	18
Figura 2.6.- Take-off.	19
Figura 2.7.- Estructura rueda moldeo.	21
Figura 2.8.- Estanque de enfriamiento.	23
Figura 2.9.- Sistema motriz de la rueda.	26
Figura 2.10.- Sistema de refrigeración de moldes.	27
Figura 2.11.- Extractor de vapor.	28
Figura 2.12.- Sistema pintado de moldes.	29
Figura 2.13.- Unidad hidráulica.	30
Figura 2.14.- Canales de moldeo.	31
Figura 2.15.- Extractor de ánodos.	32
Figura 2.16.-Diagrama de las herramientas y la secuencia ser usada en la aplicación del FMEA.	35
Figura 2.17.- Ilustra un formulario típico de FMEA.	35
Figura 2.18.- Muestra los pasos habituales para la aplicación de la técnica.	36
Figura 2.19.- Muestra la relación entre las fallas, los modos de fallas y las causas de las fallas.	39
Figura 2.20.- Diagrama de relación, probabilidad de ocurrencia – severidad de la consecuencia.	41
Figura 2.21.- Diagrama de maneras de reducir los riesgos.	45
Figura 3.1.- Rueda de moldeo.	48
Figura 3.2.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del take-off (parte 1).	52
Figura 3.3.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del take-off (parte 2).	53
Figura 3.4.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del take-off (parte 3).	54
Figura 3.5.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del estanque de enfriamiento (parte 1).	55

Figura 3.6.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del estanque de enfriamiento (parte 2).	56
Figura 3.7.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del estanque de enfriamiento (parte 3).	57
Figura 3.8.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa del estanque de enfriamiento (parte 4).	58
Figura 3.9.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa de la estructura de la rueda (parte 1).	59
Figura 3.10.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa de la estructura de la rueda (parte 2).	60
Figura 3.11.- Diagrama jerárquico para el ítem, componente, modo de falla y causa de la estructura de la rueda (parte 3).	61
Figura 4.1.- Grafico de datos obtenidos del RPN al take-off.	72
Figura 4.2.-Grafico de datos obtenidos del estanque de enfriamiento.	75
Figura 4.3.- Grafico de datos obtenidos del estanque de enfriamiento.	77
Figura 4.4.- Valores discriminados de RPN, take-off.	79
Figura 4.5.- Valores discriminados de RPN, estanque de enfriamiento.	79
Figura 4.6.- Valores discriminados, estructura.	80
INDICE DE TABLAS.	
Tabla 2.1.- Especificaciones técnicas del equipo TAKE-OFF.	20
Tabla 2.2.- Especificaciones técnicas estructura rueda.	22
Tabla 2.3.- Especificaciones técnicas estanque de enfriamiento.	24
TABLA 2.4.- Tabla de probabilidad de ocurrencia de las fallas.	43
TABLA 2.5.- Tabla de severidad de las fallas.	43
TABLA 2.6.- Tabla de probabilidad de detección de las fallas.	44
Tabla 4.1.- Enumeración de las causas de fallas del take-off.	72
Tabla 4.2- Índice de riesgo.	73
Tabla 4.3- Enumeración de causas de fallas, estanque de enfriamiento.	74
Tabla 4.4- índice de riesgo.	75
Tabla 4.5-Enumeración de causas de fallas, estructura rueda.	76
Tabla 4.6- índice de riesgo.	77
Tabla 4.7-Tabla de niveles de riesgo de la falla.	78
ÍNDICE DE ECUACIONES	
Ecuación 2.1-Formula para calcular el riesgo	42
Ecuación 2.2- Número de prioridad de riesgo	44
Ecuación 2.3- Índice de riesgo	44