



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

“ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN Y MANUALES TÉCNICOS PARA CAJAS COMPACTADORAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA.”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

**JHONNY PAÚL CASA GUALPA
WELLINGTON GUSTAVO CHUQUI NAULA**

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL
ÁREA DE PRODUCCIÓN Y MANUALES TÉCNICOS PARA
CAJAS COMPACTADORAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA
DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD
EN LA EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA.”**

Trabajo de Integración Curricular
Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar el grado académico de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: JHONNY PAÚL CASA GUALPA
WELLINGTON GUSTAVO CHUQUI NAULA

DIRECTOR: ING. GALLEGOS LONDOÑO CÉSAR MARCELO

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Jhonny Paúl Casa Gualpa & Wellington Gustavo Chuqui Naula

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, Jhonny Paúl Casa Gualpa & Wellington Gustavo Chuqui Naula, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de Julio del 2021



.....
Wellington Gustavo Chuqui Naula
C.C: 050363765-4



.....
Jhonny Paúl Casa Gualpa
C.C: 175153746-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el trabajo de integración curricular; tipo: Proyecto técnico, **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN Y MANUALES TÉCNICOS PARA CAJAS COMPACTADORAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA.**, realizado por el señor: **JHONNY PAÚL CASA GUALPA & WELLINGTON GUSTAVO CHUQUI NAULA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Antonio Granizo PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-16
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-07-16
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-16

DEDICATORIA

A Dios por la salud, a mis padres; José Chuqui y Elsa Naula por su apoyo incondicional brindado, por sus sabios consejos, esfuerzos y sacrificios siendo portadores principales para lograr la meta trazada. A mi familia por ser fuente de inspiración y de superación profesional, también a todas las personas que se integraron durante mi vida estudiantil depositando apoyo y confianza en mí.

Wellington Gustavo Chuqui Naula

A Dios, por poner en mi camino a las personas correctas, a mis padres, Aurora y Humberto, por su esfuerzo y sacrificio inalcanzable para ver a sus hijos realizados personal y profesionalmente, a mis hermanos Eva, Maribel, Karina, Jairo, Darío y Cristián, por la motivación, consejos y apoyo incondicional, a mis amigos de carrera por ser mi segunda familia y compartir el mismo sueño.

Todos son parte de este primer logro, hacen de mí una persona feliz y mejor día a día.

Jhonny Paúl Casa Gualpa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida que me he dado y la dicha de tener unos padres ejemplares que me han inculcado valores útiles en mi persona, a mis hermanas y familiares que me han dado su apoyo moral, contribuyendo en la formación de mi personalidad. A todos mis profesores, amigos y compañeros con quienes compartí experiencias durante mis años de estudio. También quiero extender mi agradecimiento a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, en especial al Ing. César Gallegos e Ing. Eugenia Naranjo quienes aportaron con sus conocimientos para la elaboración del presente trabajo y finalmente a la Empresa INDUACERO CÍA. LTDA., a sus directivos y personal; por la acogida y apertura que nos brindaron para llevar a cabo el desarrollo de mi proyecto de trabajo de integración curricular.

Wellington Gustavo Chuqui Naula

Agradezco a Dios, por ser mi refugio de paz y tranquilidad dándome la dedicación y fortaleza para no rendirme hasta alcanzar la meta de ser Ingeniero de Mantenimiento Industrial.

A mi familia, por ser los gestores de mi formación académica y a quienes les debo la confianza que tengo en mí mismo para alcanzar y plantearme nuevos retos.

A la escuela de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, que contribuyo con mi formación Politécnica, en especial a los tutores del presente trabajo, y a los profesores de la cátedra de Integración Curricular, por su colaboración, Ing. M.Sc. César Gallegos; Ing. M.Sc. Eugenia Naranjo; Ing. M.Sc. Marco Santillán e Ing. M.Sc. Sergio Villacrés, gracias por hacerlo posible.

A la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., por abrirme sus puertas a pesar de los tiempos difíciles que atraviesa el mundo, depositando toda su confianza en mi capacidad y potencial, brindándome todas las facilidades para llevar a cabo mi trabajo de integración curricular.

Jhonny Paúl Casa Gualpa

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1	Antecedentes	2
1.2	Justificación y actualidad	3
1.3	Problema	4
1.4	Objetivos	6
1.4.1	Objetivo general	6
1.4.2	Objetivos específicos	6
1.5	Consideraciones técnicas y tecnológicas	6
1.6	Resultados a alcanzar	7

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	8
2.1	Mantenimiento	8
2.1.1	Clasificación y descripción de las metodologías de mantenimiento	8
2.2	Análisis de la criticidad	10
2.2.1	Descripción de la metodología semicuantitativa del Análisis de Criticidad (CTR) ..	10
2.3	Mantenimiento centrado en la confiabilidad	12
2.3.1	Objetivos del RCM	13
2.3.2	Proceso de implementación del RCM	14
2.3.2.1	Selección del sistema y definición del contexto operacional	15
2.3.2.2	Aplicación del análisis de los modos y efectos de fallos (AMEF)	15
2.3.2.3	Aplicación de la lógica RCM	15
2.3.3	Formación del grupo natural de trabajo del RCM	15

2.3.3.1	<i>Características del grupo natural de trabajo del RCM</i>	16
2.3.4	Contexto operacional del RCM	17
2.3.4.1	<i>Factores importantes del contexto operacional.</i>	17
2.3.5	RCM: Las siete preguntas básicas	18
2.3.6	Etapas del RCM	19
2.3.7	Hoja de información	19
2.3.7.1	<i>Funciones</i>	20
2.3.7.2	<i>Fallas funcionales</i>	20
2.3.7.3	<i>Modos de falla</i>	21
2.3.7.4	<i>Efectos de falla</i>	21
2.3.7.5	<i>Consecuencias de las fallas</i>	22
2.3.8	Diagrama y hoja de decisión	23
2.3.8.1	<i>Diagrama de decisión</i>	23
2.3.8.2	<i>Hoja de decisión</i>	23
2.4	Tareas de mantenimiento en el contexto RCM.	26
2.4.1	Tareas preventivas	27
2.4.1.1	<i>Edad y deterioro</i>	27
2.4.2	Tareas predictivas	28
2.4.2.1	<i>Curva e intervalo P-F</i>	29
2.4.3	Acciones “A falta de”	29
2.4.4	Parámetros para que una tarea de mantenimiento sea considerada técnicamente factibles.	30
2.5	Plan de Mantenimiento Preventivo	30
2.5.1	Parámetros de un plan de mantenimiento preventivo	31
2.5.1.1	<i>Inventario de activos</i>	31
2.5.1.2	<i>Estructura de codificación de activos</i>	33
2.5.1.3	<i>Etiquetado</i>	34
2.5.1.4	<i>Ficha técnica</i>	34
2.5.1.5	<i>Cronograma de mantenimiento</i>	35
2.5.1.6	<i>Tareas de Mantenimiento.</i>	35
2.5.1.7	<i>Materiales y repuestos</i>	35
2.6	Caja compactadora de desechos sólidos	35
2.6.1	Funcionamiento de un compactador de desechos sólidos	36
2.7	Manuales técnicos	37
2.7.1	Manual de mantenimiento para cajas compactadoras de basura	37
2.7.1.1	<i>Partes de un manual de mantenimiento</i>	38
2.7.1.2	<i>Ventajas del manual de mantenimiento.</i>	38

2.7.2	<i>Manual de operación para cajas compactadoras de basura</i>	38
2.7.3	<i>Manual de seguridad para cajas compactadoras de basura</i>	39
2.7.3.1	<i>Objetivo del manual de seguridad</i>	39
2.7.3.2	<i>Información de un manual de seguridad en cajas compactadoras de basura</i>	39
2.7.3.3	<i>Normas básicas de seguridad</i>	40

CAPÍTULO III

3.	Aplicación de la metodología rcm y manual técnico de caja compactadora.	41
3.1	Descripción general de la empresa	41
3.1.1	<i>Misión</i>	41
3.1.2	<i>Marco legal</i>	41
3.1.3	<i>Visión</i>	41
3.1.4	<i>Ubicación</i>	42
3.1.5	<i>Situación actual del departamento de mantenimiento</i>	42
3.1.6	<i>Encuesta virtual</i>	43
3.1.6.1	<i>Evaluación de la situación actual del departamento de mantenimiento</i>	43
3.1.7	<i>Listado de las máquinas en el área de producción</i>	45
3.1.8	<i>Análisis de criticidad a las máquinas en el área de producción</i>	45
3.1.8.1	<i>Cálculo de la criticidad del puente grúa VERLINDE</i>	46
3.1.8.2	<i>Cálculo de criticidad de la roladora CASANOVA</i>	46
3.1.9	<i>Análisis de criticidad de los sistemas en el área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.</i>	48
3.1.10	<i>Distribución del área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.</i>	49
3.1.11	<i>Codificación de activos en el área de producción</i>	49
3.1.11.1	<i>Codificación para el puente grúa VERLINDE</i>	49
3.1.11.2	<i>Descripción del código</i>	50
3.1.12	<i>Codificación para la roladora CASANOVA</i>	50
3.1.12.1	<i>Descripción del código</i>	50
3.1.13	<i>Codificación de los sistemas en el área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.</i>	50
3.1.14	<i>Contexto operacional del puente grúa VERLINDE</i>	51
3.1.14.1	<i>Especificaciones técnicas del puente grúa VERLINDE</i>	51
3.1.14.2	<i>Contexto operacional del puente grúa VERLINDE</i>	53
3.1.14.3	<i>Función del puente grúa VERLINDE</i>	54
3.1.15	<i>Contexto operacional de la roladora CASANOVA</i>	54
3.1.15.1	<i>Especificaciones técnicas de la roladora CASANOVA</i>	54

3.1.15.2	<i>Contexto operacional de la Roladora CASANOVA</i>	54
3.1.15.3	<i>Función de la roladora CASANOVA</i>	54
3.1.16	<i>Funciones de activos en el área de producción</i>	57
3.1.17	<i>Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE)</i>	57
3.1.17.1	<i>Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE) del puente grúa VERLINDE</i>	58
3.1.18	<i>Propuesta de cálculo para frecuencias de tareas de mantenimiento</i>	64
3.1.18.1	<i>Cálculo del rango mediano</i>	65
3.1.18.2	<i>Procedimiento del Análisis de Weibull según la norma EN 61649:2008</i>	66
3.1.18.3	<i>Parámetros de la distribución</i>	66
3.1.19	<i>Análisis de costo-beneficio para el modo de fallo</i>	69
3.1.20	<i>Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE)de la roladora CASANOVA</i>	80
3.1.21	<i>Plan de mantenimiento para las máquinas del área de producción</i>	88
3.1.21.1	<i>Portada inicial y panel de navegación del plan de mantenimiento INDUACERO CÍA. LTDA. 2021</i>	88
3.1.22	<i>Fichas técnicas para el plan de mantenimiento</i>	89
3.1.22.1	<i>Ficha técnica del sistema del puente grúa VERLINDE y roladora CASANOVA</i>	89
3.1.23	<i>Listado de tareas para el plan de mantenimiento según el RCM</i>	91
3.1.23.1	<i>Tareas de mantenimiento para el puente grúa VERLINDE</i>	92
3.1.23.2	<i>Tareas de mantenimiento para la roladora CASANOVA</i>	93
3.1.24	<i>Cronograma del plan de mantenimiento actual</i>	94
3.1.24.1	<i>Cronograma del plan de mantenimiento del puente grúa VERLINDE</i>	94
3.1.24.2	<i>Cronograma del plan de mantenimiento de la roladora CASANOVA</i>	96
3.1.25	<i>Logística del mantenimiento</i>	97
3.1.25.1	<i>Carga de trabajo</i>	97
3.1.25.2	<i>Datos de tareas de mantenimiento</i>	100
3.1.25.3	<i>Repuestos y materiales para ejecutar las tareas de mantenimiento (puente grúa VERLINDE)</i>	104
3.1.25.4	<i>Repuestos y materiales para la roladora CASANOVA</i>	106
3.2	<i>Manual técnico de cajas compactadoras</i>	108
3.2.1	<i>Portada inicial del manual técnico</i>	108
3.2.2	<i>Prólogo del manual técnico</i>	108
3.2.2.1	<i>Bienvenido</i>	108
3.2.2.2	<i>Propósito del manual</i>	109
3.2.2.3	<i>Alcance</i>	109
3.2.2.4	<i>Características del equipo</i>	109
3.2.2.5	<i>Consideraciones generales</i>	110
3.2.3	<i>Seguridad</i>	110

3.2.3.1	<i>Norma general de seguridad</i>	111
3.2.3.2	<i>Normas de seguridad específicas del equipo</i>	111
3.2.3.3	<i>Normas de seguridad para el mantenimiento</i>	112
3.2.4	Operación	113
3.2.4.1	<i>Distribución de partes externas de la caja compactadora CCB-IAE</i>	113
3.2.4.2	<i>Inspección antes de la operación</i>	114
3.2.4.3	<i>Instrumentos y mandos</i>	114
3.2.4.4	<i>Seguros de la compuerta de la tolva</i>	117
3.2.5	Funciones de control	118
3.2.5.1	<i>Funciones de barrido o arrastre</i>	118
3.2.5.2	<i>Función de deslizado</i>	119
3.2.5.3	<i>Funciones de la compuerta de la tolva posterior</i>	120
3.2.5.4	<i>Funciones del eyector</i>	121
3.2.6	Procedimientos de carga de desechos	121
3.2.6.1	<i>Recolección manual de basura</i>	121
3.2.6.2	<i>Carga de contenedores móviles con mecanismo lifter</i>	122
3.2.7	Procedimiento para el compactado de desechos	123
3.2.8	Descarga de los desechos	123
3.2.9	Mantenimiento	125
3.2.9.1	<i>Lavado</i>	125
3.2.10	Sistema mecánico	126
3.2.10.1	<i>Estructura</i>	126
3.2.10.2	<i>Toma de fuerza</i>	126
3.2.10.3	<i>Bomba</i>	126
3.2.10.4	<i>Velocidad de operación</i>	126
3.2.11	Sistema hidráulico	127
3.2.11.1	<i>Depósito de aceite</i>	127
3.2.11.2	<i>Aceite hidráulico</i>	127
3.2.11.3	<i>Filtros</i>	128
3.2.11.4	<i>Cilindros</i>	129
3.2.11.5	<i>Panel eyector y guías de rodadura</i>	130
3.2.11.6	<i>Inspecciones</i>	130
3.2.11.7	<i>Lubricación</i>	130
3.2.6	Programa de mantenimiento preventivo	131
3.3	Capacitación	135
3.3.1	Generalidades	135
3.3.2	Objetivo de la capacitación	135

3.3.3	Modalidad	135
3.3.3.1	<i>Recursos</i>	136
3.3.3.2	<i>Asistencia del personal de mantenimiento y certificado de conformidad</i>	136

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	137
4.1	Resultados	137
4.1.1	<i>Análisis de criticidad (CTR)</i>	137
4.1.2	<i>Aplicación del RCM</i>	138
4.1.3	<i>Panel de navegación de la matriz de mantenimiento INDUACERO CÍA. LTDA.</i> 140	
4.1.4	<i>Resultado del manual técnico para las cajas compactadoras de basura</i>	141
4.1.5	<i>Portada y contraportada del manual técnico</i>	143
4.1.5.1	<i>Sección de seguridad</i>	143
4.1.5.2	<i>Sección de operación</i>	144
4.1.5.3	<i>Sección de mantenimiento</i>	144
4.2	Discusión	145

	CONCLUSIONES	146
--	---------------------------	-----

	RECOMENDACIONES	147
--	------------------------------	-----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Criterios de criticidad	11
Tabla 2-2: Funciones de los integrantes del grupo natural de trabajo.....	16
Tabla 3-2: Factores del contexto operacional.	17
Tabla 4-2: Hoja de información.....	19
Tabla 5-2: Ejemplos de modos de fallos	21
Tabla 6-2: Hoja de decisión	26
Tabla 7-2: Ejemplos y parámetros de tareas de mantenimiento técnicamente factibles.	30
Tabla 8-2: Ejemplos de taxonomía.	32
Tabla 9-2: Jerarquización de equipos en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.	33
Tabla 10-2: Estructura de codificación.	34
Tabla 1-3: Descripción de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.	41
Tabla 2-3: Grupo de profesionales técnicos encuestados.	42
Tabla 3-3: Máquinas existentes en el área de producción.....	45
Tabla 4-3: Criterios para determinar el análisis de criticidad	46
Tabla 5-3: Cálculo de la criticidad del puente grúa VERLINDE	47
Tabla 6-3: Cálculo de criticidad de la roladora CASANOVA.....	47
Tabla 7-3: Análisis de criticidad de los sistemas del área de producción.	48
Tabla 8-3: Estructura de codificación para el puente grúa VERLINDE.....	50
Tabla 9-3: Estructura de codificación para la roladora CASANOVA	50
Tabla 10-3: Codificación de los sistemas del área de producción.	51
Tabla 11-3: Especificaciones técnicas del puente grúa VERLINDE	52
Tabla 12-3: Parámetros del contexto operacional para el puente grúa VERLINDE.....	53
Tabla 13-3: Especificaciones técnicas de la roladora CASANOVA	55
Tabla 14-3: Parámetros del contexto operacional para la roladora CASANOVA.....	56
Tabla 15-3: Funciones de activos en el área de producción.....	57
Tabla 16-3: Hoja de información del sistema de la estructura mecánica.	58
Tabla 17-3: Hoja de información del sistema de traslación.	59
Tabla 18-3: Hoja de información del sistema de elevación.	62
Tabla 19-3: Tiempos de fallos del rodamiento SKF N208 ECP.	64
Tabla 20-3: Cálculo del rango mediano.	65
Tabla 21-3: Cálculo de parámetros de la distribución de Weibull para un rodamiento SKF N208 ECP.....	67
Tabla 22-3: Datos de operación del puente grúa.....	69
Tabla 23-3: Costo de la tarea de mantenimiento por año.....	73

Tabla 24-3: Hoja de decisión del sistema de la estructura mecánica.....	74
Tabla 25-3: Hoja de decisión del sistema de traslación.....	75
Tabla 26-3: Hoja de decisión del sistema de elevación.....	78
Tabla 27-3: Hoja de información del sistema de estructura mecánica.....	80
Tabla 28-3: Hoja de información del sistema hidráulico.....	82
Tabla 29-3: Hoja de decisión del sistema de la estructura mecánica.....	84
Tabla 30-3: Hoja de decisión del sistema hidráulico.....	86
Tabla 31-3: Ficha técnica del puente grúa VERLINDE.....	90
Tabla 32-3: Ficha técnica de la roladora CASANOVA.....	91
Tabla 33-3: Tareas de mantenimiento - puente grúa VERLINDE.....	92
Tabla 34-3: Tareas de mantenimiento – Roladora CASANOVA.....	93
Tabla 35-3: Cronograma anual del puente grúa VERLINDE.....	94
Tabla 36-3: Cronograma anual de la roladora CASANOVA.....	96
Tabla 37-3: Niveles de confianza.....	98
Tabla 38-3: Sumatoria de tareas del cronograma de mantenimiento.....	99
Tabla 39-3: Tarea N°1 de mantenimiento del puente grúa VERLINDE.....	100
Tabla 40-3: Tarea N°2 de mantenimiento del puente grúa VERLINDE.....	101
Tabla 41-3: Tarea N°1 de mantenimiento de la roladora CASANOVA.....	102
Tabla 42-3: Tarea N°2 de mantenimiento de la roladora CASANOVA.....	103
Tabla 43-3: Repuestos y materiales para el puente grúa VERLINDE.....	104
Tabla 44-3: Repuestos y materiales para la roladora CASANOVA.....	106
Tabla 45-3: Elementos del sistema hidráulico.....	127
Tabla 46-3: Aceites hidráulicos recomendados.....	128
Tabla 47-3: Frecuencias de cambio para cilindros hidráulicos.....	129
Tabla 48-3: Programa de mantenimiento preventivo para cajas compactadoras (Hoja 1).....	132
Tabla 49-3: Programa de mantenimiento preventivo para cajas compactadoras (Hoja 2).....	133
Tabla 50-3: Programa de mantenimiento preventivo para cajas compactadoras (Hoja 3).....	134
Tabla 51-3: Generalidades de la capacitación.....	135
Tabla 52-3: Temas de capacitación.....	135
Tabla 1-4: Número de subsistemas, fallas, modos de falla y efectos de falla.....	138
Tabla 2-4: Número de tipos de fallas totales.....	139
Tabla 3-4: Número total de tareas.....	139
Tabla 4-4: Costo del plan de mantenimiento y sistemas.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Matriz de criticidad	12
Figura 2-2: Límites de vida segura	28
Figura 3-2: Curva P-F modificada.....	29
Figura 4-2: Cajas compactadoras fabricadas en INDUACERO CÍA. LTDA.....	36
Figura 1-3: Localización geográfica INDUACERO CÍA. LTDA.	42
Figura 2-3: Encuesta virtual- Herramienta Google Forms	43
Figura 3-3: Portada del plan de mantenimiento.....	88
Figura 4-3: Portada del manual técnico de las cajas compactadoras.	108
Figura 5-3: Partes externas de la caja compactadora CCB-IAE	113
Figura 6-3: Mandos externos traseros.....	116
Figura 7-3: Mandos externos delanteros.....	117
Figura 8-3: Seguros de la compuerta de la tolva.....	117
Figura 9-3: Funciones de barrido o arrastre.....	118
Figura 10-3: Función de deslizado.....	119
Figura 11-3: Compuerta de la tolva posterior.....	120
Figura 12-3: Funciones del eyector.	121
Figura 13-3: Recolección manual de basura.....	121
Figura 14-3: Carga de contenedores móviles.....	122
Figura 15-3: Compacto de desechos.....	123
Figura 16-3: Descarga de los desechos.....	124
Figura 17-3: Puntos de lubricación.....	131
Figura 1-4: Panel de navegación.....	140
Figura 2-4: Portada y contraportada del manual técnico.	143
Figura 3-4: Portada del manual de seguridad.	144
Figura 4-4: Portada del manual de operación.....	144
Figura 5-4: Portada del manual de mantenimiento.....	145

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Metodologías del mantenimiento.	9
Gráfico 2-2: Niveles de jerarquización para evaluar criticidad.....	10
Gráfico 3-2: Criterios para estimar las consecuencias de las fallas	11
Gráfico 4-2: Flujograma de implementación del RCM.	14
Gráfico 5-2: Integrantes del grupo natural de trabajo del RCM	15
Gráfico 6-2: Etapas del RCM.....	19
Gráfico 7-2: Diagrama de decisión del RCM	24
Gráfico 8-2: Tareas de mantenimiento en el contexto RCM	27
Gráfico 9-2: Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos	31
Gráfico 10-2: Niveles Jerárquicos para la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.....	32
Gráfico 1-3: Resultado a la pregunta 1.	44
Gráfico 2-3: Resultado a la pregunta 2.	44
Gráfico 3-3: Resultado a la pregunta 3.	44
Gráfico 4-3: Resultado a la pregunta 4.	45
Gráfico 5-3: Distribución del área de producción.....	49
Gráfico 6-3: Método especial - ecuación de la recta.....	68
Gráfico 7-3: Gráfica de control - carga de trabajo	99
Gráfico 1-4: Criticidad de las máquinas del área de producción.	137

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MATRICES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE LA CRITICIDAD PARA LAS MÁQUINAS RESTANTES.
- ANEXO C:** CODIFICACIÓN E INVENTARIO DE LAS MÁQUINAS RESTANTES.
- ANEXO D:** CONTEXTO OPERACIONAL DE LAS MÁQUINAS RESTANTES.
- ANEXO E:** HOJAS DE INFORMACIÓN Y DECISIÓN FALTANTES.
- ANEXO F:** FICHAS TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS RESTANTES.
- ANEXO G:** TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS RESTANTES.
- ANEXO H:** CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO COMPLETO.
- ANEXO I:** HERRAMIENTAS Y REPUESTOS PARA LAS MÁQUINAS RESTANTES.
- ANEXO J:** CERTIFICADO DE CONFORMIDAD.
- ANEXO K:** ÍNDICE DEL MANUAL TÉCNICO DE LA CAJA COMPACTADORA.
- ANEXO L:** CAPACITACIÓN-EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA.

RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene por objetivo elaborar el Plan de mantenimiento mediante la metodología, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, para el área de producción y el desarrollo de los manuales técnicos para cajas compactadoras de basura en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA, con esto se busca brindar un aporte al departamento de mantenimiento en el combate de las fallas y de las consecuencias que estas generan en el área de producción. Para esto se realizó la búsqueda de tareas apropiadas mediante la metodología del RCM, para realizar este proceso se inició con la codificación y análisis de criticidad de las máquinas, a continuación se llevó a cabo el estudio de modos de falla, efectos y consecuencias de los fallos registrados en cada activo en su contexto operacional actual, finalmente se estructuró la hoja de decisión del RCM, la cual permitió determinar tareas de mantenimiento necesarias para obtener un plan de mantenimiento que evite o minimice las fallas y así garantizar la disponibilidad de las máquinas; adicionalmente se desarrolló toda la logística necesaria para implementar dicho plan. La metodología del RCM ayuda a comprender el funcionamiento de los sistemas, esto eleva los niveles de seguridad al momento de operarlos, para reforzar esta actividad se planteó otro objetivo que fue la elaboración de los manuales técnicos de operación, mantenimiento y seguridad para las cajas compactadoras de basura que fabrica la empresa, con la finalidad de los clientes dispongan de toda la información necesaria para la adecuada utilización de los equipos. Este trabajo ayudará a complementar y mejorar la gestión de activos en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA en su proceso de mejora continua.

Palabras clave: <PLAN DE MANTENIMIENTO> <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)> <FRECUENCIA ÓPTIMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO> <CAJA COMPACTADORA> <MANUALES TÉCNICOS>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1589-DBRA-UPT-2021

2021-08-20

SUMMARY

The objective of this technical project is elaborating a maintenance plan through the Reliability Centered Maintenance RCM methodology, for the production area and developing technical manuals for garbage compactor boxes in the company INDUACERO CIA. LTDA., seeking to contribute combating failures in the maintenance department and the consequences they generate in the production area. For this, appropriate tasks were searched using the RCM methodology, to perform this process, it was necessary to begin by coding and analyzing the machines critical state. Then, studying the failure modes, effects and consequences recorded in each asset in its current operational context, finally the RCM decision sheet was structured, which allowed determining the necessary tasks to obtain a maintenance plan, which can avoid or minimize failures and consequently ensure the availability of the machines. Additionally, all the essential logistics to execute the plan were established. The RCM methodology helps to understand the systems operation and increases safety levels when running them, to reinforce this activity another objective was carried out, preparing technical manuals for the operation, maintenance and safety of the garbage compactor boxes manufactured by the company, so that customers have all the necessary information for an accurate use of the equipment. This work will benefit to complement and improve INDUACERO CÍA. LTDA., assets management company, in its continuous improvement process.

Keywords: <MAINTENANCE PLAN> <RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE (RCM)> <RELIABILITY> <OPTIMAL PREVENTIVE MAINTENANCE FREQUENCY>, <COMPACTOR BOX> <TECHNICAL MANUALS>.

INTRODUCCIÓN

La industria mundial cada día es más competitiva, por ello; con el objetivo de garantizar la fabricación de productos con alta calidad, el sector metal mecánico en el Ecuador, y específicamente la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se encuentra inmersa directamente en la generación de procesos de manufactura, ha logrado alcanzar certificaciones internacionales como: ISO 9001 y OSHAS 18001. Para cumplir con los requerimientos y parámetros que dichas normas contemplan es necesario que la organización pueda contar con un plan de mantenimiento acorde a las necesidades que en sus instalaciones se generen, permitiendo elevar la disponibilidad de sus equipos.

El propósito del presente trabajo de integración curricular es de generar un aporte dentro del departamento de mantenimiento, bajo las bases y conceptos que establece el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), una alternativa personalizada y enfocada para la elaboración de un plan de mantenimiento dentro de una planta industrial, implementando varias medidas que logren reducir los efectos de los fallos en caso de no poder evitarlos. Teniendo un impacto positivo no solamente en el proceso productivo, sino mejorando parámetros importantes como la seguridad y el impacto ambiental.

El capítulo dos menciona: las bases teóricas sobre el análisis de la metodología RCM, y considera información relevante de manuales técnicos de equipos mecánicos. En el tercer capítulo se ejecuta la inserción del mantenimiento centrado en la confiabilidad dentro del contexto de la empresa y sus activos, específicamente dentro del área de producción. Finalmente, el cuarto capítulo consiste en el desarrollo de manuales técnicos dirigidos a cajas compactadoras de desechos sólidos fabricados en la empresa.

Por consiguiente, la realización de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad dirigido al área de producción permite contar con una herramienta extra en la disminución de las consecuencias y efectos que generan los modos de fallos, sumando importancia a la gestión de activos para que la organización pueda brindar sus servicios y productos a los clientes en los tiempos acordados. Esto implica mantener una disponibilidad elevada de sus equipos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

“INDUACERO CÍA. LTDA., se fundó en 1999, es una empresa que se encuentra localizada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, con 21 años de trayectoria dedicada al diseño, construcción, montaje y puesta en marcha de equipos industriales para el Sector Alimenticio, Transporte, Petroquímica, entre otros, fabricando productos de acuerdo a la necesidad del cliente entre los que se destacan; recipientes de presión con estampe ASME, intercambiadores de calor, tanques de almacenamiento, garantizados bajo el SGC ISO 9001:2008 (INDUACERO, 2019)”. Además, cuenta con la unidad de negocio ambiental PROURBE, que ofrece soluciones tecnológicas para la recolección y manejo de desechos sólidos urbanos, tales como: recolectores de basura tipo manual y automático para volteo de contenedores, vehículos lavadores robotizados, islas ecológicas soterradas y vacuum para succión y limpieza de pozos o alcantarillas urbanas.

Dentro de sus gestiones INDUACERO CÍA. LTDA., ha incorporado tecnologías y procesos de control de producción que, sumados a su amplia infraestructura y maquinaria, le permiten fabricar los más variados equipos para todo proceso industrial; cumpliendo altos estándares de calidad (INDUACERO, 2019). Actualmente el Gerente General de la empresa es el Ing. Javier Estrella.

Uno de los mayores inconvenientes que presentan las empresas ecuatorianas, surge por el desconocimiento del alcance real que tiene el mantenimiento e incluso lo llegan a considerar como un gasto; siendo en realidad un generador de grandes beneficios a la organización, para alcanzar este fin se debe conocer exactamente el tipo de mantenimiento a ejecutar. Por un lado, las fallas que podrían ocurrir puedan afectar a la producción o, lo que es más importante afectar la seguridad humana, por otro lado, si el mantenimiento preventivo está programado con frecuencias demasiado largas, se producirán averías antes del intervalo preestablecido. Si la frecuencia es demasiado corta, se pierde dinero e incluso puede aumentar las posibilidades de una avería debido a errores humanos o componentes defectuosos. (BATTIKA, 2007 pág. 64)

El presente proyecto cuenta con el apoyo de la dirección de la empresa y de sus colaboradores, se lo realizará en el área de producción, utilizando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a las máquinas seleccionadas y también se enfocará en el proceso de fabricación de cajas compactadoras de basura para la creación de los manuales técnicos.

Si se considera que: “El elemento impulsor de todas las decisiones de mantenimiento no es el fallo de un determinado ítem, sino la consecuencia de ese fallo para el equipo en su conjunto” (KELLY, 2006 pág. 139). Es lógico y necesario ejecutar las siguientes preguntas: ¿Cómo ocurre una falla? ¿Cuáles son sus consecuencias para la seguridad o la operatividad? ¿De qué sirve el mantenimiento preventivo?

Una buena gestión del mantenimiento preventivo de los activos generaría un ahorro de dinero a largo plazo al mantener los equipos disponibles, reduciendo tiempos de parada. Si se delegara actividades del plan de mantenimiento al operador, éste podría ejecutar tareas básicas que garanticen las funciones de la máquina y no esperar que ocurra el fallo.

1.2 Justificación y actualidad

Debido al incremento de producción, el sector metal mecánico en el Ecuador, se crea mayor competencia entre las empresas, por lo de deben generar propuestas innovadoras para dar respuesta a estas necesidades, lo que implica un mayor desarrollo de sus procesos: diseño, fabricación y comercialización, estrategias que añadan un valor agregado a la hora de ofertar sus productos.

Al analizar la relación que existe entre el operador y su manera de hacer operar un activo se llega a la siguiente conclusión: El personal que opera suele tener una alta incidencia en los problemas que presenta un equipo. Bajo este criterio es inequívoco reconocer que el cambio de los procedimientos de operación es el método que alcanza un menor lucro cesante y que a la par genera un potencial altísimo para la organización considerando así que es la medida más barata y eficaz en la lucha contra las averías.(GARCÍA, 2003 pág. 62)

Por tal motivo la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., opta por el desarrollo del plan de mantenimiento basado en el RCM a las máquinas que se encuentran en el área de producción, permitiendo la identificación y control de procedimientos a ejecutar, reduciendo trabajos correctivos y aumentando la disponibilidad. Dentro de sus prioridades también está la elaboración del manual técnico de seguridad, operación y mantenimiento para las cajas compactadoras de basura, lo cual generará un plus a la hora de ofertar y entregar las mismas, creando ventajas ante la competencia. Con la realización de este trabajo se busca que los mismos operadores de los recolectores, puedan contar con estas herramientas que determinen de manera precisa las acciones, tareas y actividades a ejecutarse.

Los objetivos hacen que se logre alcanzar una eficiencia total de mantenimiento, no se pueden centrar solo en mantener la instalación para cumplir metas de producción, esto dejaría fuera temas importantes como: la calidad, el medio ambiente, la energía y la seguridad (Navarro Elola, 2009 pág. 64) lo que busca el operario es la disponibilidad del activo, una correcta manipulación de mandos y sobre todo salvaguardar su integridad física, mejorando las condiciones de seguridad, con el fin de evitar accidentes.

El proyecto planteado está relacionado con las líneas institucionales sobre PROCESOS TECNOLÓGICOS, ARTESANALES E INSTITUCIONALES, con el programa de HERRAMIENTAS PARA EL MANTENIMIENTO, en el eje temático de PROCESOS y en el área de la UNESCO de INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN, a su vez con el OBJETIVO 5 del Plan de Desarrollo Nacional, según la RESOLUCIÓN 460. CP.2019

1.3 Problema

En la actualidad, la empresa INDUCERO CÍA. LTDA., dentro de sus instalaciones contemplan 3.200 metros cuadrados de infraestructura civil, con 1466.5 metros cuadrados utilizados para el área de producción que corresponde a un 77% de su totalidad, en los cuales está distribuido estratégicamente la maquinaria y la logística necesaria para la fabricación de equipos complejos y de gran tamaño, contando así con más de 200 clientes entre los que destacan: GM, EP Petroecuador, Repsol YPF, Petroamazonas EP, Grupo Noboa, Holcim, Baker Hughes, MI Swaco, Halliburton, Nestle, Helmerich & Payne, Grupo Oriental, Carrocerías Varma, Defilo, Quimpac S.A., CVA. (CONCHA Y BARAHONA, 2013 pág. 27)

La empresa posee ochenta y siete (87) activos entre máquinas y equipos, de los cuales se destacan en el área de producción los siguientes: puentes grúas, compresores, roladoras hidráulicas, moto soldadora, prensa plegadora hidráulica, cizalladoras, tornos, cortadora de plasma, rebordeadora de tapas, soldadora por arco eléctrico, soldadora MIG, soldadora TIG, etc.

Estas máquinas son de gran importancia dentro del proceso de fabricación de los productos que comercializa la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., a lo largo de su trayectoria solo se ha priorizado la ejecución de mantenimiento correctivo a máquinas y equipos, esperando siempre que ocurra la falla.

El problema se presenta al momento en que los activos se encuentran en indisponibilidad, al no cumplir la función requerida, ocasionando paros imprevistos en el proceso de producción y

retrasos de uno (1) a tres (3) días en las entregas, con una pérdida económica evaluada de doscientos (200) a quinientos (500) dólares americanos diarios.

Al evaluar el alcance actual del mantenimiento, se considera de manera negativa que se priorice solo la intervención y el registro de trabajos de mantenimiento realizados a amoladoras, taladros y turbinas de rectificación, con lo cual se deja en segundo plano a las máquinas que se involucran directamente en el proceso de manufactura.

Por lo expuesto resulta primordial llevar a cabo la elaboración de un plan de mantenimiento que abarque dichas máquinas mediante la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), con el fin de mejorar la gestión de mantenimiento de estos equipos del área de producción.

Según, el Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados define que existen 221 municipios cantonales y 24 gobiernos provinciales los que son responsables del manejo de residuos sólidos (INEC, 2019). En los patios municipales se puede observar camiones recolectores de basura en desuso, que al no contar con un plan de mantenimiento y posteriormente un lugar para almacenarlos durante su reparación se empiezan a deteriorar por efecto de la oxidación al encontrarse al aire libre, esto se produce por el desconocimiento de tareas de mantenimiento que se les debe realizar a las cajas compactadoras, generando pérdidas de dinero a estas entidades públicas.

El Dr. Frank Lees considera dentro de su investigación sobre la seguridad en los procesos:

“La Prevención de pérdidas en las industrias de procesos, es sin duda la principal fuente de material de referencia de seguridad de procesos prácticos y estadísticos”(SANDERS, 2015 pág. 16),

Llegando a obtener como resultado que el 12.9% de accidentes mortales son ocasionados al momento de recolectar desechos sólidos, por consecuencia del desconocimiento del contenido de un manual de operación o seguridad, al contrario, el manejo de estos reduce los riesgos al que se expone el operador en su jornada laboral.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar el Plan de Mantenimiento para el área de producción y manuales técnicos para cajas compactadoras, mediante la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

1.4.2 Objetivos específicos

Elaborar el plan de mantenimiento utilizando la metodología RCM según la Norma SAE-JA-1011 y SAE-JA-1012.

Determinar los requerimientos logísticos para el plan propuesto.

Elaborar el manual técnico de seguridad, operación y mantenimiento para las cajas compactadoras de desechos fabricados por la empresa.

Capacitar al personal del departamento de mantenimiento en el manejo de la matriz de mantenimiento

1.5 Consideraciones técnicas y tecnológicas

Para el desarrollo de este trabajo técnico se tomará como referencia la Norma ISO 14224:2016 “Industria de petróleo, petroquímica y gas natural”, encargada de la recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.

Para la definición de conceptos claves de mantenimiento se utilizará la Norma UNE-EN 13306:2018 “Terminología del Mantenimiento” y para aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se utilizará la Norma SAE-JA-1011 “Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”, la Norma SAE-JA-1012 “Práctica recomendada para vehículos de superficie/aeroespacial” y la Norma UNE-EN 60300-3-11 “Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación, Mantenimiento centrado en la fiabilidad”, la cual nos servirá para generar las hojas de información y decisión.

Se creará una base de datos donde se registre toda la información en hojas electrónicas, este procedimiento ayudará a elaborar el plan de mantenimiento.

Para la creación del manual técnico de las cajas compactadoras se accederá a la información base que tienen el personal técnico de control de calidad.

Para completar la hoja de información del RCM, se utilizará la metodología del Análisis del Modo y Efectos De Fallas (AMEF), en el cual Alonso Rosales manifiesta que:

“El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas”(ALONSO ROSALES, 2009 pág. 5)

Para la recaudación de información se consultarán de fuentes de sitio web confiables como: artículos científicos, revistas, tesis y bases de datos a la que la ESPOCH se encuentra suscritas.

1.6 Resultados a alcanzar

- El listado de las posibles fallas que puedan ocurrir en las máquinas del área de producción.
- Plan de mantenimiento preventivo, para combatir las paradas imprevistas de las máquinas y disminuir pérdidas de producción.
- Definir las tareas prioritarias de mantenimiento preventivo, aplicables para las cajas compactadoras de basura, con el fin de evitar su indisponibilidad.
- Qué los operadores de las cajas compactadoras de basura tengan acceso a los manuales técnicos de seguridad, operación y mantenimiento.
- Proporcionar información técnica, que permita cambiar el punto de vista, referente a paradigmas del mantenimiento. dentro de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Mantenimiento

Según la Norma UNE-EN 13306:2018 que hace referencia a la “Terminología del mantenimiento”, lo define de la siguiente manera:

“Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida” (UNE-EN13306, 2018 pág. 6)

2.1.1 Clasificación y descripción de las metodologías de mantenimiento

Las metodologías de mantenimiento es el marco referencial para mejorar la gestión del mantenimiento y de los activos, con un enfoque sistemático e incluyente, orientado a considerar factores como rentabilidad, seguridad, confiabilidad, mantenibilidad y calidad.

Entre las metodologías más conocidas tenemos: en los procesos, El Mantenimiento productivo total (TPM), la Gestión de la calidad total (TQM), el Mantenimiento de Clase Mundial (World Class Maintenance), el Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment) y el Seis Sigma (Six Sigma); y para la infraestructura, el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), la Inspección Basada en Riesgo (RBI), el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMFE), el Análisis Causa Raíz (RCA) y la Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (GMAO/CMMS). (ARDILA et al., 2016 pág. 137)

Para la creación y mejoramiento de los planes de mantenimiento se puede utilizar las metodologías del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y la optimización del plan de mantenimiento (PMO).

A continuación, en el Gráfico 1-2., se presenta la clasificación de las metodologías de forma generalizada.



Gráfico 1-2: Metodologías del mantenimiento.

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

Dentro de las metodologías que se utilizan para la creación y optimización de planes de mantenimiento, las más reconocidas son el PMO y el RCM, en nuestro caso se utilizara el mantenimiento centrado en la confiabilidad para la creación del plan de mantenimiento del área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

2.2 Análisis de la criticidad

El Análisis de criticidad permite establecer la jerarquía de instalaciones, sistemas, equipos y componentes, es de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y sus consecuencias, se registran en una matriz, diseñada en base a un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo (DAQUINTA et al, 2018 pág. 56)

Para el análisis de criticidad existen tres metodologías: Cualitativas, Semicuantitativas, Cuantitativas

2.2.1 Descripción de la metodología semicuantitativa del Análisis de Criticidad (CTR)

Para el análisis de la criticidad de los sistemas de la Empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se evaluarán los siguientes parámetros.

- Frecuencia de fallas (FF)
- Impacto operacional (IO)
- Flexibilidad operacional (FO)
- Costos de mantenimiento (CM)
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH)

Se debe delimitar los niveles en donde se efectuará el análisis: planta, área, sistema o máquina y subsistema o equipo, de acuerdo con los requerimientos de jerarquización.

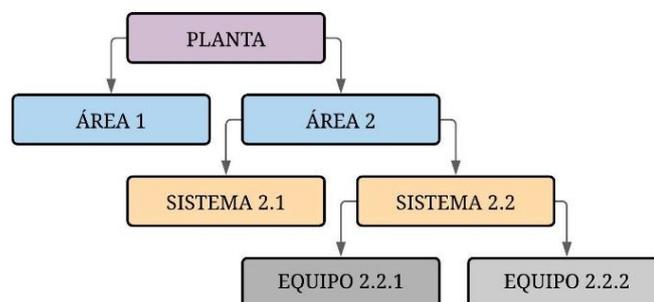


Gráfico 2-2: Niveles de jerarquización para evaluar criticidad

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

Para cada equipo puede existir más de un modo de falla y la frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año. (ROMERO CARRANZA, 2013 pág. 5)

Para determinar las consecuencias se emplean cinco criterios preestablecidos que se presenta en el siguiente gráfico.

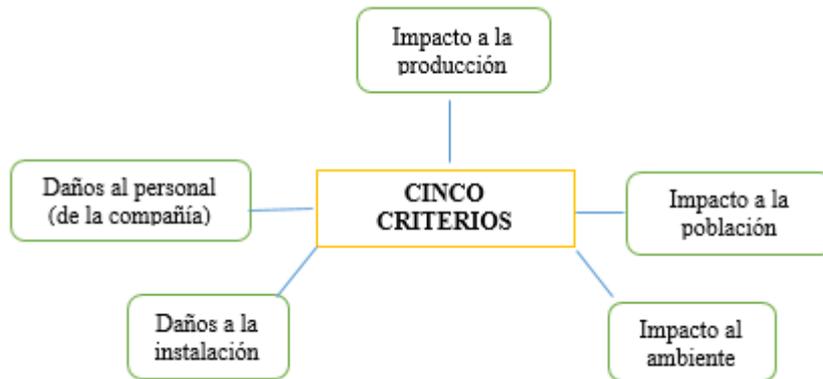


Gráfico 3-2: Criterios para estimar las consecuencias de las fallas

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

Los criterios que a continuación se presentan son determinados de acuerdo con la situación actual del proceso, teniendo en cuenta que no todos son iguales; y el punto que marca mayor diferencia es el de los costos por mantenimiento. (LLAMUCA, 2017 pág. 22)

Tabla 1-2: Criterios de criticidad

Criterios de criticidad					
Frecuencia de fallas: FF		Costos de Mantenimiento: CM			
Mayor a 2 fallas / año	4	Mayor o igual a 3.000 USD	2		
1-2 fallas / año	3	Inferior a 3.000 USD	1		
0.5-1 fallas / año	2	Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH)			
<0.5 fallas/ año	1				
Impacto Operacional: IO		Afecta a la seguridad humana externa como interna.	8		
Parada inmediata del área de producción.	10	Afecta al medio ambiente e instalaciones provocando daños irreversibles.	6		
Parada del sistema.	7	Afecta a las instalaciones provocando daños.	4		
Impacto a nivel de producción y calidad.	4	Provoca daños menores.	3		
No genera ningún efecto significativo.	1	Flexibilidad operacional: FO			
Flexibilidad operacional: FO					
No existe opción de producción	4			Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas.	2
No hay opción de repuesto.	2			No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o en el ambiente	1
Funcion de repuesto disponible	1				

Fuente: “ Manual del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” CONFORPYM

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Para el cálculo de las consecuencias, se aplica la siguiente ecuación (1) con los parámetros anteriormente ya mencionados.

$$\text{Consecuencia} = (\text{I.O.} * \text{F.O.}) + \text{CM} + \text{SAH} \quad (1)$$

La criticidad se calcula cuantitativamente como se indica en la ecuación (2), multiplicando la frecuencia de ocurrencia de los fallos por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rangos de valores para homologar los criterios de evaluación (ROMERO CARRANZA, 2013 pág. 3).

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia} \quad (2)$$

Para establecer la criticidad de una máquina o equipo se utiliza una matriz de 5X4, en donde el eje “Y” representa la frecuencia y el eje “X” las consecuencias, en los cuales incidirá la máquina o equipo en estudio si le ocurre una falla.

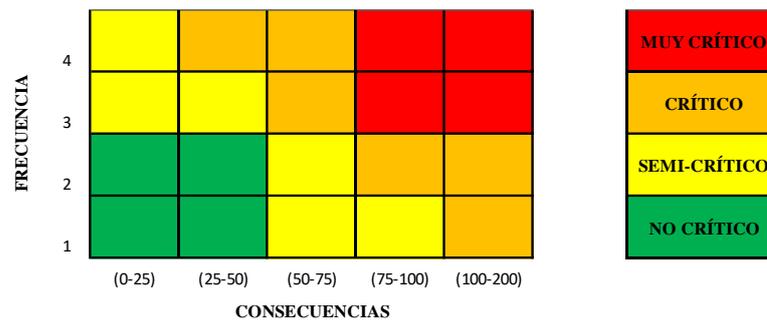


Figura 1-2: Matriz de criticidad

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

Para la empresa INDUACERO CÍA. LTDA. se manejará valores de criticidad que van desde tres (3) siendo “No crítico” y ochenta (80) el valor más crítico.

2.3 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Oliverio García, en su libro: Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, plantea que:

“El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo de trabajo multidisciplinario, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema productivo, que funciona bajo condiciones de operación definidas, estableciendo las actividades más efectivas en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, considerando los posibles efectos que originan los modos de fallas de estos activos, en la seguridad, el ambiente y las funciones operacionales”. (GARCÍA, 2012 pág 104).

El (RCM) integra el mantenimiento preventivo (PM), las pruebas e inspecciones predictivas (PT&I), la reparación (también llamada mantenimiento reactivo) y el mantenimiento proactivo para aumentar la probabilidad de que una máquina o componente funcione de la manera requerida

sobre su diseño de ciclo de vida con una cantidad mínima de mantenimiento y tiempo de inactividad. (NASA, 2008 pág 19).

El mantenimiento centrado en confiabilidad tiene el poder de ayudar a una organización a enfocar sus recursos para maximizar los resultados a la vez que se manejan los riesgos, pero sólo cuando se aplica correcta y consistentemente. Ninguna otra metodología ha probado ser tan efectiva a la vez que ha mantenido el mismo formato esencial durante décadas. Esto se debe a buenas razones. RCM es una metodología sencilla, por pasos, basada en principios simples que son universalmente aplicables a los sistemas que las organizaciones emplean a diario. (RELIABILITYWEB, 2014 pág. 9).

La aplicación del RCM es muy útil en empresas con un gran clima organizacional, donde el recurso humano es motivado y consciente de la importancia del trabajo en equipo entre mantenimiento y producción alrededor de las máquinas.(MORA, 2009 pág 450).

Como resultado de la demanda internacional por una norma que estableciera unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado RCM surgió en 1999 la Norma SAE JA 1011 y en el año 2002 la Norma SAE JA 1012. No intentan ser un manual ni una guía de procedimientos, sino simplemente establece los criterios que deben satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM. (GARCÍA, 2012 pág 143).

2.3.1 *Objetivos del RCM*

Los dos objetivos fundamentales de la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, en una planta industrial son aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento, en el mismo análisis esta metodología puede generar objetivos secundarios:

- Mejorar la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas.
- Determinar una serie de acciones que permita garantizar una alta disponibilidad de la planta.(GARCÍA, 2012 pág. 144).
- Eliminar las averías de las máquinas.
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.

- Permitir a los departamentos de producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada, a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta. (MORA, 2009 pág. 444).
- Obtener y mantener los niveles de seguridad y confiabilidad inherentes requeridos al equipo.
- Gestionar la información necesaria para la mejora del diseño de aquellos elementos en los que la fiabilidad inherente resulta inadecuada. (HOLLIS Y SASSER, 2016 pág. 21).

2.3.2 *Proceso de implementación del RCM*

Al tener un registro oficial de activos para la aplicación del RCM, es importante contar con una planificación específica y sistematizada con pasos a seguir que garanticen el cumplimiento de los objetivos planteados. El Gráfico 4-2., muestra el proceso para la implementación del RCM.

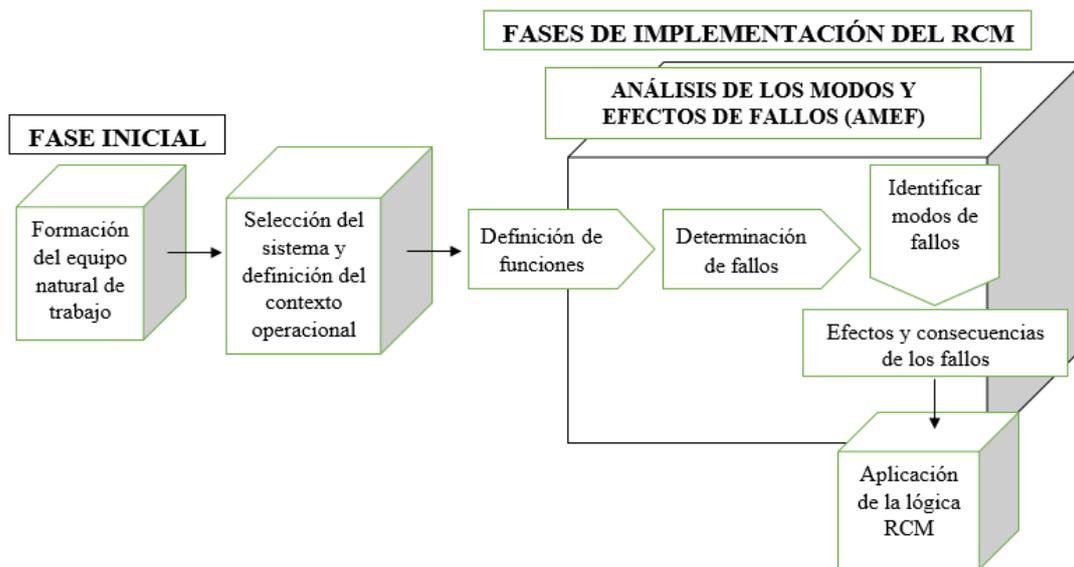


Gráfico 4-2: Flujograma de implementación del RCM.

Fuente: PARRA, C, 2012.

En el flujograma se presenta dos fases:

La fase inicial: contempla la conformación del equipo natural de trabajo.

La fase de implementación: contiene tres secciones que se mencionan a continuación:

2.3.2.1 Selección del sistema y definición del contexto operacional:

Se determina los sistemas en los que se va a ejecutar el análisis RCM, definiendo sus condiciones de operación, el estudio va dirigido a los activos con mayor impacto en el proceso productivo de la planta evaluado a través del análisis de criticidad.

2.3.2.2 Aplicación del análisis de los modos y efectos de fallos (AMEF)

Tiene por objetivo analizar las consecuencias que generarían los posibles fallos, valorando los efectos que comprometen el sistema y su probabilidad de que ocurran.

2.3.2.3 Aplicación de la lógica RCM

Establece la selección de las actividades de mantenimiento adecuadas para los activos seleccionados.

2.3.3 Formación del grupo natural de trabajo del RCM

Para poder responder las 7 preguntas del RCM, es necesario crear un equipo natural de trabajo constituido por personas que cumplan diferentes funciones dentro de una organización, que sean capaces de responder, las preguntas planteadas. El personal de mantenimiento no puede responder a todas las preguntas por sí mismo debido a que algunas de las respuestas deben ser proporcionadas por el personal de producción, sobre todo las relacionadas con el funcionamiento deseado del equipo, las consecuencias y los fallos (QUEZADA, 2014 pág. 32)



Gráfico 5-2: Integrantes del grupo natural de trabajo del RCM

Fuente: PARRA, C, 2012.

Dentro del grupo natural de trabajo la responsabilidad del facilitador es de suma importancia, ya que su función principal será la de guiar y conducir el proceso de implementación del RCM.(QUEZADA, 2014 pág. 33)

2.3.3.1 Características del grupo natural de trabajo del RCM

Las características del grupo natural de trabajo están definidas de la siguiente manera:

- **Alineación:** Toda organización se plantea una misión y visión, la cual los integrantes deben de encontrar la forma de hacerla cumplir, encontrando soluciones efectivas a los conflictos existentes.
- **Coordinación:** Los integrantes del grupo deben de sentirse dueños de los compromisos del grupo, sin olvidar sus roles y responsabilidades.(UVIDIA, 2017 pág. 18)
- **Comprensión:** es el ingenio que tienen los integrantes para ordenar desde diferentes puntos de vista, interpretar los hechos, opinar y ayudar a los demás.
- **Respeto:** estimación por los demás integrantes, propagar constantemente la destreza de ver las cosas desde diferentes puntos de vista, sin perder la objetividad de la realidad.
- **Confianza:** crear confianza entre los integrantes del equipo, con la posibilidad de que ellos puedan cumplir sus responsabilidades de forma eficaz.

Tabla 2-2: Funciones de los integrantes del grupo natural de trabajo

Funciones de los integrantes del grupo natural de trabajo	
Facilitador	Actividades
	<ul style="list-style-type: none"> • Guiar el proceso y la implementación del RCM. • Selección de activos para aplicar la metodología del RCM. • Verificar que el proceso se lleve de manera ordenada. • Ser guía en el análisis AMEF y en la selección de las actividades de mantenimiento. • Encargado de la gestión de mantenimiento durante la implementación del RCM. • Incitar al personal a trabajar.
Miembros	Actividades
	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuir con su experiencia, generando ideas. • Cooperar con él facilitador para que pueda cumplir la meta trazada. • Estar pendientes en los procesos al momento que va implementando la metodología RCM

Fuente: (UVIDIA, 2017)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

2.3.4 Contexto operacional del RCM

El contexto operacional abarca todos los factores que inciden en el funcionamiento del sistema o equipo. No solo afecta drásticamente las funciones y las expectativas de funcionamiento, sino que también afecta la naturaleza de los modos de falla que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con la que pueden ocurrir y qué debe hacerse para manejarlas (MOUBRAY, 2004 pág. 30).

2.3.4.1 Factores importantes del contexto operacional.

Según (MOUBRAY, 2004 pág. 30), los factores importantes que deben ser considerados en un contexto operacional son presentados en la Tabla 3-2:

Tabla 3-2: Factores del contexto operacional.

Factores importantes del contexto operacional.		
Factor	Proceso	
Especificaciones técnicas	Ayuda a comparar valores de placa con valores tomados en mediciones, con el fin de saber si el activo esta cumpliendo la función requerida.	
Funcionamiento	Describe el porqué se adquirió y se compró el activo.	
Procesos por lotes o continuo	LOTES	CONTINUO
	En plantas que trabajan por lotes la mayoría de las fallas afectará solamente la producción de una máquina o una línea.	La falla de un activo puede parar toda la planta o reducir drásticamente la producción, a menos que exista sobrecapacidad o estén disponibles equipos de reserva.
Redundancia	La presencia de redundancias (o fornas alternativas de producción) es una característica del contexto operacional que debe ser considerada en detalle cuando se definen las funciones de cualquier activo.	
Estándares de calidad	Los estándares de calidad y los estándares de servicio al cliente son otros dos aspectos del contexto operativo, que pueden especificar condiciones de operación.	
Estándares medioambientales	Cumplir con las regulaciones y los estándares ambientales (internacionales, nacionales, regionales, municipales y corporativos) referente al impacto ambiental para evitar penalizaciones.	
Riesgos para la seguridad	Un numero cada vez mayor de organizaciones han desarrollado por sí mismas o se han adherido a estandares formales con respecto a niveles de riesgo aceptable. Se aplican a nivel corporativo, plantas individuales y procesos o activos especificos.	
Operación	La organización de los turnos de trabajo afecta profundamente al contexto operacional. Algunas plantas operan ocho horas por día, cinco días a la semana, algunas operan continuamente durante los siete días de la semana y otras operan entre estos dos extremos.	
Tiempo de reparación	El tiempo de reparación está influido por la velocidad de respuesta de la falla que está a su vez determinada por el sistema de reportes de falla, por el nivel del personal, y por la velocidad de reparación de la misma.	
Repuestos	Se basa en el hecho que la única razón para tener un stock de repuestos es minimizar o eliminar las consecuencias de la falla.	

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

2.3.5 RCM: Las siete preguntas básicas

De acuerdo con la Norma SAE-JA-1011, las siete preguntas básicas del RCM son:

- a) ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?

Lo que el operador desea que la máquina realice.

- b) ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?

Razones por la cual la máquina dejó de funcionar.

- c) ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?

Buscar el origen de la falla funcional de la máquina.

- d) ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?

Amenazas que se puede producir al activo físico, ambiente y seguridad.

- e) ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?

Puede afectar a la producción y al medio ambiente.

- f) ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?

Selección de tareas de mantenimiento.

- g) ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)? (SAE-JA-1011, 1999 pág. 6)

Para responder cada una de las preguntas anteriores “satisfactoriamente”, se debe recolectar la siguiente información, y se deben tomar las siguientes decisiones. Toda la información y decisiones deben ser documentadas de manera que estén totalmente disponibles para el dueño o usuario y sean aceptables para los mismos. (SAE-JA-1011, 1999 pág. 6)

2.3.6 Etapas del RCM

Para la identificación más clara de las etapas del RCM, se ha realizado un proceso curvo vertical, como se muestra en el Gráfico 6-2.

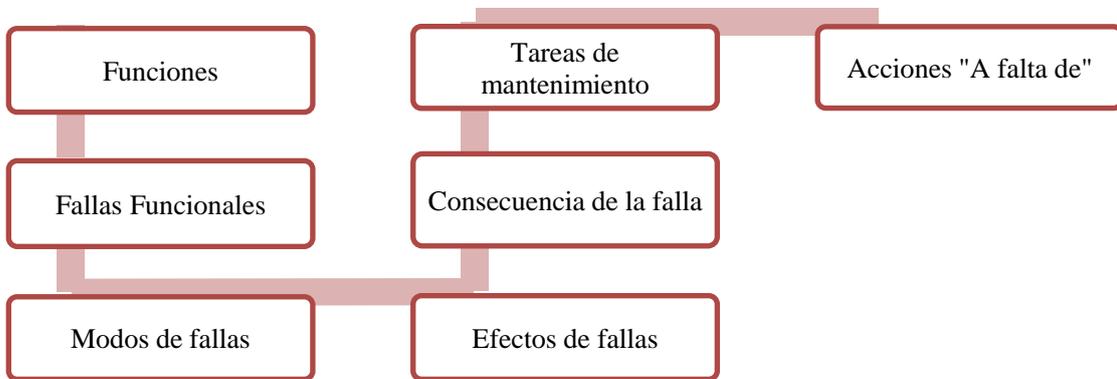


Gráfico 6-2: Etapas del RCM

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

2.3.7 Hoja de información

Es una matriz compuesta por las funciones, fallos funcionales y contenido del análisis de modos de fallas y sus efectos AMEF, considerando el nivel de consecuencias que alcanzaría si estas se suscitan. La hoja de información permite, establecer un código para la función y lo que de ello se deriva, proceso que agiliza la metodología en la siguiente etapa que involucra la hoja de decisión hacer evaluada.

Tabla 4-2: Hoja de información

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA		REALIZADO POR		FECHA DE ANÁLISIS	
		SUBSISTEMA		REVISADO POR		HOJAS DE	
Nº	FUNCIÓN	Nº	FALLA FUNCIONAL	Nº	MODOS DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	CONSECUENCIA
1		A		1			
				2			
		B		1			

Fuente: (Moubroy, 2004)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

2.3.7.1 *Funciones*

Para empezar con la aplicación de la metodología del RCM, el primer paso es definir las funciones del activo, tomando en cuenta el contexto operacional y los estándares de rendimiento, al momento que el activo no cumpla la función se da por entender que está ocurriendo una falla.

La siguiente expresión, representa los requerimientos para crear una función.

Verbo + Objeto + Estándar de rendimiento deseado=**FUNCIÓN**

Las funciones se dividen en dos grupos principales: funciones primarias y secundarias.

- **Funciones primarias:** Es la razón principal del porqué se adquiere el activo, por ejemplo: Bombear 2000 litros de melaza en 10 minutos.
- **Funciones secundarias:** La función o funciones secundarias son menos obvias que la principal, pero a veces requieren mayor atención y las consecuencias de falla de estas pueden ser de mayor gravedad que las primarias, por lo que deben ser claramente identificadas. Los factores que se consideran son: el ambiente, la seguridad, el confort y control, la apariencia, la economía, la eficiencia y la protección. (UVIDIA, 2017 pág. 24)

2.3.7.2 *Fallas funcionales*

La falla funcional es una "condición insatisfactoria". Eso significa que un activo o sistema no puede desarrollar su función requerida. En otras palabras, la falla funcional es "la incapacidad del activo para cumplir una función deseada por el usuario".

Hay dos tipos de fallas funcionales:

- **Fallo funcional total:** El sistema es totalmente incapaz de desarrollar su función requerida.
- **Fallo funcional parcial:** El sistema cumple con la función requerida, pero de manera limitada a un nivel insatisfactorio.

En las funciones primarias y secundarias se pueden generar más de una falla funcional. (AL HAIANY, 2016 pág. 33).

La clasificación para identificar si el fallo es oculto o evidente se realiza respondiendo a la pregunta “¿el fallo funcional será percibido por el operador en circunstancias normales cuando el fallo ocurra por si solo?”. Si la respuesta es “Si”, el fallo será evidente, de no ser así, el fallo será oculto.(UNE - EN 60300-3-11, 2017 pág. 28)

- **Falla evidente.** Un modo de falla cuyos efectos se tornan evidentes para el personal de operaciones bajo circunstancias normales.
- **Falla oculta.** Un modo de falla cuyo efecto no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales (SAE-JA-1011, 1999 pág. 5).

2.3.7.3 Modos de falla

Según la norma UNE-EN 13306 le define al modo de falla como: “Manera en que se produce la inaptitud de un elemento para realizar una función requerida.”(UNE-EN13306, 2018 pág. 13)

La siguiente expresión, representa los requerimientos para crear un modo de fallo.

Sustantivo + verbo + causas=**Modo de falla**

Tipos de modos de falla

Las listas de los modos de falla deben incluir cualquier evento o proceso que probablemente pueda causar una falla funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño, y errores humanos que pueden ser causados por operadores o mantenedores.

Tabla 5-2: Ejemplos de modos de fallos

Sobrecarga en eje	Fricción en cojinete	Abrasión en eje
Sobrecalentamiento en engranajes	Fatiga en cojinetes	Corrosión en cojinetes
Cavitación en impeler	Golpe de ariete en válvula	Rodamiento contaminado

Fuente: (UVIDIA, 2017)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

2.3.7.4 Efectos de falla

En este punto el objetivo del grupo de trabajo consiste en determinar todo lo que sucedería en el contexto operacional de llegar a presentarse un modo de fallo. El enfoque debe estar dirigido a responder a la pregunta ¿Qué ocurre?

Para determinar de forma precisa los efectos de falla, es necesario cuestionarse lo siguiente:

- Qué evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- Qué se debe hacer para reparar la falla. (SAE-JA-1011, 1999 pág. 7).

Los efectos de falla se pueden definir como: “Una historia de lo que pasaría si no se hiciera nada para predecir o prevenir el modo de falla”. Debe estar escrito con suficientes detalles para que las consecuencias puedan evaluarse adecuadamente. (AL HAIANY, 2016 pág. 34).

En el contexto de RCM, los efectos de falla deben escribirse asumiendo que no hay nada que se está haciendo para prevenir o predecir el modo de falla. (AL HAIANY, 2016 pág. 34).

2.3.7.5 *Consecuencias de las fallas*

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad ha clasificado a las consecuencias de las fallas en dos importantes grupos y estos a la vez en subgrupos:

Fallos evidentes

- **Consecuencias operacionales.** - si afecta la producción o a las operaciones (Calidad del producto, servicio al cliente o costos operacional, además del costo directo de la reparación).
- **Consecuencias no operacionales.** - Las fallas evidentes que entran dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto de dinero es el de la reparación.

- **Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente.** - Un fallo tiene consecuencia sobre la seguridad si puede lesionar o matar a alguien y al medio ambiente si infringe alguna normativa de carácter corporativo, regional o nacional. (MOUBRAY, 2004 pág. 97)

Fallos ocultos

- **Consecuencia no evidente.** no tienen un impacto directo, pero expone a la organización a otras fallas con consecuencias catastróficas. (QUEZADA, 2014 pág. 47)

2.3.8 Diagrama y hoja de decisión

2.3.8.1 Diagrama de decisión

El diagrama de decisión puede parecer complejo, al analizar sus elementos parámetro por parámetro, se presenta un proceso secuencial que ayuda a la toma de decisiones. Cada modo de falla que se registra en la hoja de información pasa a ser analizado en el diagrama de decisión. Las preguntas que se formulan en el Gráfico 7-2., permiten dar soluciones lógicas y finalizar con la metodología del RCM. (REGAN, 2012 pág. 100)

2.3.8.2 Hoja de decisión

La Hoja de decisión permite colocar las respuestas a las preguntadas planteadas en el diagrama de decisión y gracias a las respuestas se puede registrar el mantenimiento de rutina, con qué frecuencia se realiza la tarea y el responsable en ejecutarlo, que fallas son lo suficiente serias como para justificar el rediseño y las decisiones que se deben tomar cuando las fallas ocurran.

Los campos deben ser llenados de forma ordenada y secuencial con suma responsabilidad por parte del encargado, conociendo la definición de cada parámetro, con el fin de seleccionar las tareas adecuadas de mantenimiento para las máquinas del área de producción.

En la Tabla 6-2., se puede observar los campos que se deben llenar, con la finalidad de determinar tareas de mantenimiento que son útiles para la creación del plan de mantenimiento, dando solución a los problemas de la empresa.

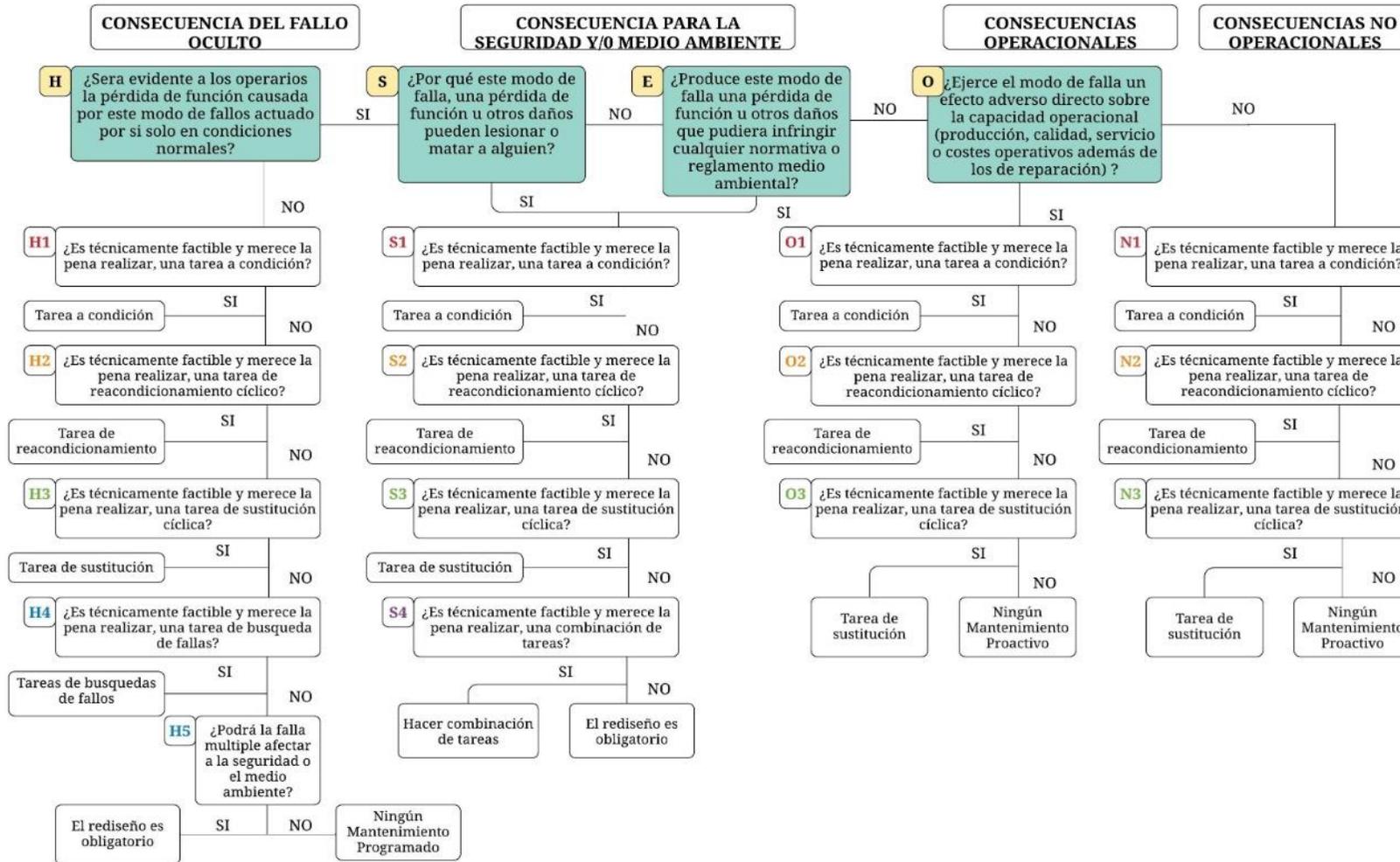


Gráfico 7-2: Diagrama de decisión del RCM

Fuente: (Moubray, 2004)

El diagrama de decisión sirve para determinar las tareas de mantenimiento más efectivas dentro del análisis RCM, se empieza seleccionando un modo de fallo; una vez que ya se ha analizado las consecuencias de éste, detallados en la hoja de información.

Los modos de fallos están constituidos por cuatro categorías denominados H, S, E, O que se encuentran de forma horizontal; cada uno de ellos describe si el modo de fallo es oculto o evidente, si produce afectaciones a la seguridad, al medio ambiente, si son operativas o no operativas respectivamente.

Los efectos ocasionados por cada modo de fallo se pueden combatir con tareas basadas en la condición, de reacondicionamiento, sustitución cíclica, búsqueda de fallos, rediseño y trabajo al fallo.

La primera pregunta en el diagrama de decisión es: ¿el fallo es oculto o evidente?, si el fallo es oculto se eligiera la acción de mantenimiento más idónea, pudiendo ser tareas: H1 (condición), H2 (reacondicionamiento cíclico), H3 (sustitución cíclica), H4 (búsqueda de fallos) y H5 (rediseño o trabajo al fallo). Y si el fallo es evidente se elige el tipo de consecuencias: S (seguridad), E (medio ambiente), O (operacionales y no operacionales) y dentro de ellas se seleccionará la tarea que permita reducir o eliminar las consecuencias que genera el modo de fallo.

En la categoría H1 la pregunta es: ¿vale la pena realizar una tarea basada en la condición?, si la tarea no cuesta mucho y el costo de la falla nos representa algo muy importante, será factible implementarla, pero si el instrumento que se necesita para la ejecución de la tarea resulta ser más costoso que el propio efecto de falla, no se aplica y se pasa a la siguiente pregunta.

En la categoría H2 la pregunta menciona lo siguiente: ¿es factible realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?, se realiza el mismo análisis que en la pregunta anterior, si es factible se la implementa y se terminaría el análisis, caso contrario se pasa a la siguiente pregunta.

La categoría H3 esta relacionada a las tareas de sustitución cíclica, si es factible se selecciona y se termina el análisis, caso contrario se responderá la pregunta de la categoría H4 relacionada con la tarea de búsqueda de fallos.

Por ejemplo, si se evalúa la columna de seguridad y no se encuentra una tarea factible, se acude a la combinación de dos o más tareas (S4), que impidan el modo de fallo, de no encontrar tareas combinadas, el rediseño será obligatorio en caso de afectaciones a la seguridad y al medio ambiente.

Tabla 6-2: Hoja de decisión

			Sistema				Área N°			Realizado por			Fecha			Hoja					
			Subsistema				Cód. Sistema			Revisado por			Fecha			De					
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tarea Propuesta			Frecuencia inicial			A realizarse por		
							S1	S2	S3												
							O1	O2	O3												
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4									

Fuente: (Moubrey 2004)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Según (MOUBRAY, 2004 pág. 206), la hoja de decisión está dividida en dieciséis columnas, las tres primeras indican los modos de fallos (F, FF y FM), que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias de las hojas de información y las hojas de decisión, colocando el código del modo de fallo.

Las columnas tituladas H, S, E, O y N, son utilizadas para registrar las respuestas, pertinentes a las consecuencias de cada falla.

Las columnas tituladas H1, H2, H3, etc., registran si ha sido seleccionada una tarea proactiva o no.

Si se necesita responder las preguntas "A falta de", se lo hará en las columnas encabezadas con H4 y H5, o la S4 son las que permiten registrar esas respuestas.

Las tres últimas columnas registra la tarea que ha sido seleccionada, la frecuencia y el encargado de realizarlo (estos campos se llenaran si es que existe tarea)

La hoja de información va de la mano con el diagrama de decisión del RCM para el respectivo llenado de la hoja de decisión.

2.4 Tareas de mantenimiento en el contexto RCM.

Luego de haber llevado a cabo el análisis de modos y efectos de fallos, el equipo de trabajo debe realizar la selección del tipo de actividad de mantenimiento que ayude a reducir la probabilidad de ocurrencia de los modos de fallos identificados.

Para combatir las consecuencias de los modos de fallo, la metodología del RCM propone las tareas de mantenimiento que se muestran en el Gráfico 8- 2:



Gráfico 8-2: Tareas de mantenimiento en el contexto RCM

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

2.4.1 *Tareas preventivas*

El alcance que las acciones preventivas buscan cumplir se amplía a continuación:

- **Tareas de reacondicionamiento.** Conocidos como overhauls, son tareas preventivas cíclicas que se ejecutan para restaurar un ítem a sus condiciones originales, mediante actividades realizadas a un intervalo de frecuencia menor al límite de vida operativo. Para esto, el activo debe ser puesto fuera de servicio, el proceso contempla una inspección general y de ser necesario se realiza el remplazo de componentes defectuosos.
- **Tareas de sustitución.** O reemplazo programado, sustituye un componente o partes usadas de un activo antes de que alcancen un límite de edad específico (antes de que se produzca el fallo), despreciando su condición en ese momento.

Para determinar si las tareas de reacondicionamiento y de sustitución son técnicamente factibles es necesario que cumplan condiciones que se generan a partir de la relación entre la edad y deterioro al cual están expuestos los activos físicos.

2.4.1.1 *Edad y deterioro*

Todos los activos físicos están expuestos a múltiples esfuerzos, que pueden ser medidos gracias a factores como: el tiempo de funcionamiento, cantidad de unidades producidas, distancia

recorrida, dichos esfuerzos comprometen el estado técnico de los activos físicos, disminuyendo su resistencia al esfuerzo a un grado en donde el activo no cumpla con la función requerida por el usuario.

El sentido común resalta la idea de que existe una estrecha relación entre el avance del deterioro con la edad del elemento como se puede apreciar en la figura 10- 2, por lo anterior resulta lógico considerar:

- El esfuerzo es aplicado consistentemente.
- El deterioro es directamente proporcional al esfuerzo aplicado.



Figura 2-2: Límites de vida segura

Fuente: (REALIRISK, 2017)

2.4.2 Tareas predictivas.

Dentro del mantenimiento predictivo, las tareas basadas en la condición, y el monitoreo de condición buscan detectar fallas potenciales y evitar las consecuencias que ocasionen en caso de que llegaran a convertirse en fallas funcionales.

- **Tareas basadas en la condición.** Reconoce que los modos de falla no ocurren de manera instantánea y que no pueden ser identificados en condiciones normales de operación, resaltando que la mayoría de las fallas presentan variaciones en parámetros que advierten que están próximos a suceder.

Para determinar si las tareas basadas en la condición son técnicamente factibles, es necesario conocer los aspectos que contempla la curva e intervalo P-F.

2.4.2.1 Curva e intervalo P-F

La figura 3- 2, representa la evolución y el avance progresivo de un modo de falla, desde el inicio hasta alcanzar el deterioro que le permite ser detectada (P), de no ser detectada, o intervenida, el deterioro avanza de forma acelerada, hasta alcanzar la falla funcional (F).

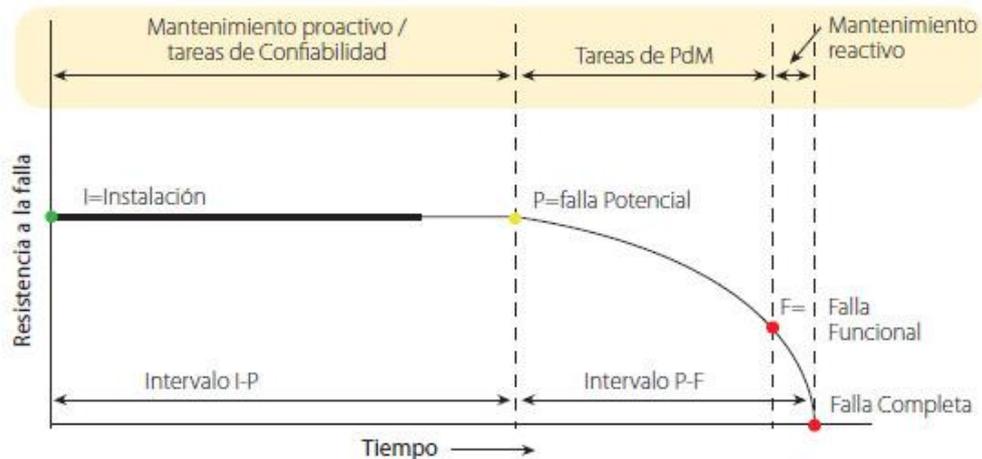


Figura 3-2: Curva P-F modificada.

Fuente: (ELECTROINDUSTRIA, 2019)

Se debe considerar el tiempo que transcurre entre el instante que ocurre el fallo potencial y donde se concreta el deterioro alcanzando una falla funcional, esto nos permite determinar con qué frecuencia debe realizarse las tareas de mantenimiento basadas en la condición.

2.4.3 Acciones “A falta de”.

Están directamente asociadas con el estado que presenta la falla, y son efectivas cuando no se logra identificar una tarea proactiva. Dichas acciones son:

- **Tareas de búsquedas de fallos.** Uno de los procedimientos que permite disminuir los efectos de un fallo oculto consisten en llevar a cabo revisiones periódicas a estos, su omisión traería consecuencias que pueden desencadenar fallos múltiples en el contexto operacional de un activo.
- **Rediseño.** Contempla el cambio de la capacidad original de un sistema, considerando modificaciones al equipo, en el caso de no obtener una tarea proactiva que elimine o reduzca las consecuencias de los modos de fallo que comprometan la seguridad o el medio ambiente en un rango aceptable.

- **Mantenimiento no programado.** Trabajar al fallo, En caso de no contar con una tarea de prevención económicamente más barata en contraste a las consecuencias operacionales y no operacionales que ocasionan los modos de fallas, la opción más rentable es esperar que el fallo ocurra y luego trabajar de manera correctiva.

2.4.4 *Parámetros para que una tarea de mantenimiento sea considerada técnicamente factibles.*

En la tabla 7- 2., se presenta los parámetros para considerar si una tarea es o no técnicamente factible.

Tabla 7-2: Ejemplos y parámetros de tareas de mantenimiento técnicamente factibles.

Tareas	Parámetros	Ejemplos
Reacondicionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Exista una edad identificable en que la pieza o elemento muestre un incremento acelerado en su probabilidad condicional de la falla. • Qué la mayoría de las piezas o elementos sobrevivan a esta edad. • Se restaura la resistencia original de la pieza o elemento a la falla. 	Realizar la limpieza del regulador de voltaje utilizando un compresor a alta presión.
Sustitución	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una edad identificable en la que el pieza o elemento muestra un acelerado incremento en la probabilidad condicional de falla. • La mayoría de los elementos sobreviven a esta edad. 	Cambio del impulsor de una bomba centrífuga Reemplazo de rodamientos SKF.
Basadas en la condición	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible definir una condición clara de falla potencial. • El intervalo P-F es razonablemente consistente. • Resulta práctico monitorear el elemento a intervalos menores al intervalo P-F. 	Vibraciones Ultrasonido Termografía Análisis de aceite Baroscopia
Búsqueda de fallas	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible ejecutar la tarea. • La tarea no incrementa el riesgo de una falla múltiple. • Es practico realizar la tarea al intervalo requerido. 	Prueba de humo a un detector contra incendios.

Fuente: (Moubray, 2004)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

2.5 Plan de Mantenimiento Preventivo

La norma UNE-EN 13306 define al plan de mantenimiento preventivo como el:

“Conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento”(UNE-EN13306, 2018 pág. 7)

Todos los planes de PM deben comenzar con una visión clara del orden de las cosas en lo que respecta a las operaciones y el uso de los sistemas mecánicos y eléctricos. Un ejemplo simple incluiría:

- Confort y seguridad.
- Productividad.
- Proteger el equipo.
- Controlar los costos operativos (energía, mantenimiento y reparaciones, etc.)

Se debe desarrollar un resumen ejecutivo anualmente para reflejar las necesidades y objetivos de las partes interesadas, los recursos necesarios para realizar el trabajo y una descripción general del plan para programar y rastrear el mantenimiento, las reparaciones, la mano de obra y los suministros.(DOTY Y TURNER, 2013 pág 378)

2.5.1 *Parámetros de un plan de mantenimiento preventivo*

2.5.1.1 *Inventario de activos*

La norma ISO 14224:2016, presenta una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc.) (ISO 14224, 2016 pág. 30).

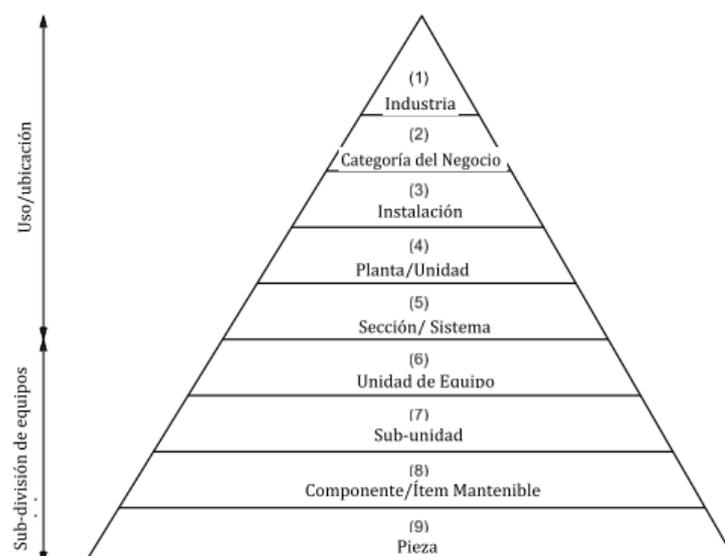


Gráfico 9-2: Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos

Fuente: (ISO 14224, 2016).

Los cinco primeros niveles se relacionan con la ubicación y los cuatro niveles restantes a la composición del activo.

Las definiciones para cada nivel se presentan en la tabla 8-2., con sus respectivos ejemplos:

Tabla 8-2: Ejemplos de taxonomía.

Categoría principal	Jerarquía de Taxonomía	Definición	Ejemplos
Datos de uso/ubicación	Industria	Tipo de industria principal.	Petróleo, cementera, hospitales.
	Categoría del negocio	Flujo de procesos.	Refinería
	Categoría de instalación	Tipo de instalación.	Producción, transportación,
	Categoría de planta	Tipo de planta.	Plataforma, planta de ácido acético.
	Sección/sistema	Sistema principal de la planta.	Compresión, gas natural, licuefacción, sección de oxidación.
Subdivisión de equipos	Clase de equipo/unidad	Clase de equipos similares. Cada clase de equipo contiene unidades de equipos comparables.	Intercambiadores de calor, compresores, tuberías, bombas.
	Sub-unidad	Un subsistema necesario para la función del equipo.	Sub-unidad de lubricación, sub-unidad de enfriamiento.
	Componente	El grupo de piezas del equipo que comúnmente se mantienen.	Enfriador, acoplamiento, caja de engranajes, bomba de aceite de lubricación.
	Pieza	Una parte individual del equipo.	Sello, tubo, carcasa, accionador, junta, placa de filtro.

Fuente: (ISO 14224, 2016).

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2020

La tabla 8-2., fue tomada de la norma (ISO 14224, 2016 pág. 31) que presenta todos los niveles jerárquicos que se deben implementar en una industria. Sin embargo, en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se tomará cuatro niveles jerárquicos empezando desde el nivel de planta y terminando a nivel de equipo, tal y como se muestra en la siguiente el Gráfico 10-2.

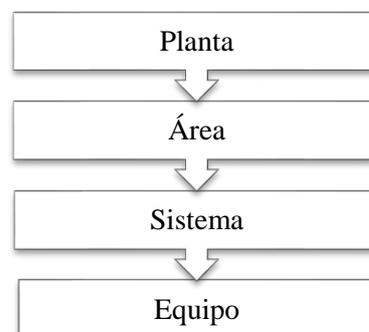


Gráfico 10-2: Niveles Jerárquicos para la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Según el análisis o la metodología que se va a aplicar se debe jerarquizar los activos de la organización, para facilitar la búsqueda de todos los modos de falla que se generan en los sistemas.

A continuación, se presenta un ejemplo de los niveles de jerarquización dentro de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Tabla 9-2: Jerarquización de equipos en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Nivel 1	Planta
Descripción:	EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA.
Nivel 2	Área
Descripción:	Área de producción
Nivel 3	Sistema
Descripción:	Compresor Campell Hausfeld CE8003
Nivel 4	Equipo
Descripción:	Cabezal
	Motor eléctrico trifásico
	Tanque de almacenamiento
	Banda de transmisión

Fuente: (ISO 14224, 2016).

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Una vez realizado el análisis de los equipos por la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se desarrollará el plan de mantenimiento preventivo hasta los niveles jerárquicos indicados.

2.5.1.2 Estructura de codificación de activos

Para la identificación de la planta, área, sistema y equipo de la empresa, se debe estructurar una codificación que contenga: dígitos numéricos, dígitos alfabéticos y códigos validados.

Las características que debe tener un código a implementar en la industria deben cumplir con los siguientes parámetros.

- Ser lo más corto posible.
- No incluir características técnicas del equipo.

La facilidad que nos permite el código es:

- Determinar la ubicación exacta del activo.

- Generar un código único para cada activo.

Para la codificación de activos en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se coordinó un código estandarizado con el técnico de mantenimiento.

Tabla 10-2: Estructura de codificación.

NIVEL 1		Planta		Empresa INDUACERO Cía. Ltda									
NIVEL 2		Área		Acero al carbono									
NIVEL 3		Sistema		Roladora CASANOVA									
NIVEL 4		Equipo		Motor Trifásico de 440 V									
E	I	A	C	R	C	0	1	E	M	T	0	1	
NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3				NIVEL 4					
E I	Dos dígitos alfabéticos.			Empresa. INDUACERO.									
A C	Dos dígitos alfabéticos.			Área. Carbono.									
R D 01	Dos dígitos alfabéticos. Dos dígitos numéricos.			Roladora. CASANOVA. Número de roladora.									
E M T 01	Familia de equipos. Dos dígitos alfabéticos. Dos dígitos numéricos.			Eléctrico. Motor. Trifásico. Número de motor Trifásico.									

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Como se observa en la tabla anterior, se va a utilizar cuatro niveles para la codificación de la empresa comenzando con el nivel 1(Planta) hasta culminar en el nivel 4 (Equipo) el siguiente paso es etiquetar los sistemas y equipos.

2.5.1.3 *Etiquetado*

Una vez que se ha realizado la codificación a los sistemas, el siguiente paso es colocar el etiquetado físicamente, con el fin de tener un control al momento de identificar el activo, el etiquetado se lo puede implementar de varias formas:

- Pintado.
- Colocando placas normales o con código QR.

2.5.1.4 *Ficha técnica*

Son matrices que contienen información específica sobre los sistemas, incluyendo datos técnicos como: código, fabricante, fecha de fabricación, país de procedencia, descripción, partes

constitutivas del equipo y otros datos de interés, como número de serie, etc. Expuestos en la plantilla del ANEXO A.

2.5.1.5 *Cronograma de mantenimiento*

El cronograma de mantenimiento es una sección de la matriz general de mantenimiento que nos permite gestionar la planificación de las actividades a desarrollarse tomando en cuenta, las 52 semanas que componen un año calendario, y en este periodo se distribuyen de manera equitativa las frecuencias de ejecución de cada tarea, para el cual se necesita el nombre o código del sistema con sus respectivos equipos ya codificados con su descripción. De cada equipo se obtendrá las tareas de mantenimiento y la duración de cada una de ellas. Los campos de los UOPS, última fecha, última lectura, próxima lectura, próxima fecha; serán llenados sólo si la máquina cuenta con un horómetro (contador de horas), el modelo de cronograma se visualiza en el ANEXO A.

2.5.1.6 *Tareas de Mantenimiento.*

Es la matriz donde se genera el registro del banco de tareas que se obtuvieron del análisis RCM, son un grupo de tareas de mantenimiento (actividades periódicas, preventivas, predictivas y detectivas), dirigidas específicamente para cada equipo con una frecuencia y donde se detalla las instrucciones para llevar a cabo esa actividad. Ver plantilla en el ANEXO A.

2.5.1.7 *Materiales y repuestos*

Se utilizarán para ejecutar los trabajos de mantenimiento, y se deben registrar en una matriz diferenciando a los materiales que pueden ser sustituidos de forma regular y que generalmente no son un elemento específico, mientras que los repuestos están destinados a sustituir a un elemento análogo, con objeto de conservar o mantener la función original requerida del elemento. (UNE-EN13306, 2018 pág 8). La matriz para su ingreso se presenta en la plantilla del ANEXO A

2.6 Caja compactadora de desechos sólidos

Las cajas compactadoras tienen como objetivo principal prensar los residuos sólidos; disminuyendo su volumen, permitiendo mayor entrada de residuos y almacenamiento, con el fin de que su transportación sea más sencilla y manipulable.

Tanto en el sector urbano como rural, es importante la recolección de desechos sólidos; se puede observar cómo las cajas compactadoras instaladas en camiones cumplen con su labor diaria de limpieza y cuidado del ornato de las ciudades. Por su capacidad de almacenamiento se han instalado también de manera estática en industrias privadas y proyectos afines, con el fin de salvaguardar la salud integra de sus trabajadores, la acumulación de roedores, la higiene de la industria y contaminación hacia el medio ambiente

En la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se fabrican dos tipos de cajas compactadoras de tipo manual y con sistema automático para volteo de contenedores (Lifter) éste facilita la recolección de desechos y disminuye peligros que se presenten al momento de cumplir su labor diaria. En la Figura 4-2, se puede observar las cajas compactadoras que se fabrican en la empresa.



Figura 4-2: Cajas compactadoras fabricadas en INDUACERO CÍA. LTDA.

Fuente: (INDUACERO, 2019)

La primera figura representa la caja compactadora con sistema manual y la siguiente incluye un sistema de volteo automático de contenedores que facilita la recolección de los desechos sólidos.

2.6.1 *Funcionamiento de un compactador de desechos sólidos*

Los residuos sólidos se depositan en la tolva trasera de la caja compactadora, donde un panel compactador o placa metálica, empuja el residuo hacia dentro gracias al accionamiento del sistema hidráulico. El residuo se irá introduciendo en el depósito de hierro, hasta que ocupe todo su límite de carga.

Cuando la caja compactadora esté llena, la siguiente vez que entre nuevamente los desechos sólidos y el panel de compactación lo empuje, todos los desechos empezarán a comprimirse gracias a la fuerza de presión, así desaparecerán las bolsas de aire y el volumen de desechos sólidos bajará (RECYTRANS,2014).

2.7 Manuales técnicos

Es un documento guía de carácter técnico, que está dirigido para dar asistencia a los usuarios. Debe contener la descripción de los procesos de utilización del activo en donde contempla información relevante y detallada sobre sus características, una de las ventajas es que en su contenido destaca las funciones, procedimientos de seguridad, operación y mantenimiento del activo.

Un manual técnico debe ser de fácil entendimiento, y en lo posible debe ser puesto en práctica como una política de inducción hacia los operadores.

2.7.1 *Manual de mantenimiento para cajas compactadoras de basura*

El manual de mantenimiento es un documento importante para cualquier industria ya sea grande o pequeña; que detalla las políticas, normas, organización y los procedimientos para efectuar la función de mantenimiento, con el fin de ordenar los procesos y cumplirlos de forma obligatoria.

Los manuales de mantenimiento deben contener información muy precisa, concreta y detallada que responda las incógnitas que surjan al respecto como, por ejemplo:

- Código de la tarea.
- Parte de la maquinaria sobre la cual se ejecuta.
- Instrumentos, herramientas y accesorios requeridos para la ejecución.
- Procedimientos y estándares de la ejecución.
- Normas de seguridad y precauciones.
- Observaciones o generalidades.
- Última fecha de actualización. (BOTERO, 2012 pág. 145)

2.7.1.1 *Partes de un manual de mantenimiento*

El manual de mantenimiento consta de las siguientes partes:

- **Portada:** se puede colocar una foto de la caja compactadora ya terminada, con datos informativos de la empresa.
- **Especificaciones técnicas:** se incluirá valores que nos permitan determinar y ejecutar la tarea de mantenimiento, como también frecuencias para su mantenimiento.
- **Recomendaciones de mantenimiento:** indicaciones para ejecutar las tareas de mantenimiento, con el fin de evitar accidentes.
- **Glosario:** contendrá palabras constructivas y técnicas para el mejor entendimiento del manual.

2.7.1.2 *Ventajas del manual de mantenimiento.*

- Mejoran la disponibilidad de máquinas y equipos ayudando a cumplir la función requerida.
- Logran reducir el costo por paradas provocados por fallos.
- Minimizan el deterioro y su devaluación.
- Reduce los paros imprevistos ocasionados por fallas inesperadas.
- Ayudan a un mejor control de tareas establecidas.
- Sirve para capacitar al personal.

2.7.2 *Manual de operación para cajas compactadoras de basura*

La capacitación del personal previa a la operación de un equipo, debe ser el primer paso para tener en cuenta. Un manual que describe los procedimientos de operación es el medio que utiliza el operador para reconocer las actividades que debe llevar a cabo, con el fin de que la forma de operar el activo no influya negativamente ni comprometa su disponibilidad.

El objetivo que busca alcanzar el manejo de un manual de operación es aportar en el desarrollo del personal, centralizando el conocimiento de la forma más rápida y sencilla posible. Dentro de los beneficios de contar con un manual de operación, podemos nombrar:

- La empresa entregue los manuales a sus clientes.
- La información técnica de operación se encuentre disponible para el nuevo personal.
- Pronto entendimiento del proceso de operación del equipo, minimizando los errores.
- Es la mejor técnica para disminuir las consecuencias por problemas de mala operación del activo.

2.7.3 *Manual de seguridad para cajas compactadoras de basura*

El manual de seguridad es un documento que es elaborado por la empresa con la participación de encargados en la prevención laboral y colaboradores, en donde recoge los riesgos a los que está sometido el trabajador u operario de la máquina, con la formación de hábitos y actitudes que ayuden a su formación.

El manual de seguridad está diseñado para las cajas compactadoras de basura, debido a los accidentes y riesgos que se presentan al momento de realizar esta actividad diariamente hacia los trabajadores y operarios, con el fin de evitar atrapamientos de sus extremidades superiores e inferiores provocando lesiones, amputaciones e incluso la muerte.

2.7.3.1 *Objetivo del manual de seguridad*

Gracias a la implementación del manual se pretende disminuir o eliminar los riesgos a los que diariamente están expuesto los trabajadores al momento de operar las cajas compactadoras de basura.

2.7.3.2 *Información de un manual de seguridad en cajas compactadoras de basura*

Todo manual de seguridad debe cumplir con la siguiente información:

- Información de los riesgos existentes al momento de operar una caja compactadora.

- Normas, advertencias y simbología para la reducción de riesgos laborales.
- Operaciones peligrosas y permiso de autorización para su ejecución.
- Como actuar en situaciones de emergencia y brindar primeros auxilios.
- Equipos de protección personal para la ejecución de tareas.(ISSLA, 2017)

2.7.3.3 *Normas básicas de seguridad*

Para una mejor ejecución del manual de seguridad se plantea normas que deben ser acatadas por el trabajador u operario.

- Uso obligatorio de los equipos de protección personal.
- Implementación de señalética en controles y mandos de la caja compactadora de basura.
- Condiciones físicas y mentales para poder realizar el trabajo.
- Entrenamiento y capacitación antes de realizar la actividad.
- Pensar en los riesgos posibles antes de empezar cualquier actividad.
- Seguir los procedimientos y nunca tomar atajos.
- Utilizar correctamente las herramientas.
- Verificar que los paros de emergencia se encuentren en óptimas condiciones.
- Reportar los incidentes y accidentes durante la jornada de trabajo. (ISSLA, 2017)

CAPÍTULO III

3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM Y MANUAL TÉCNICO DE CAJA COMPACTADORA.

3.1 Descripción general de la empresa

3.1.1 Misión

Satisfacer las más exigentes necesidades de nuestros clientes con productos fabricados con calidad total. (INDUACERO, 2019)

3.1.2 Marco legal

En la tabla 1-3, se detalla la descripción general de la empresa en la cual se implementará el plan de mantenimiento basada en la metodología del RCM.

Tabla 1-3: Descripción de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Nombre de la empresa	INDUACERO CÍA. LTDA.
Tipo de empresa	Mediana Empresa
RUC	0590060933001
Gerente general	Ing. Cristóbal Javier Estrella Villavicencio
Trabajos	Diseño, fabricación de Calderas, Tanques de Almacenamiento y Contenedores; en acero al carbono y acero inoxidable, procesos de fabricación y reparación de recipientes de presión.
Certificaciones	<ul style="list-style-type: none">• ISO 9001:2015• OSHAS 18001:2007• ASME AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS• THE NATIONAL BOARD (estampes “U” y “R”)
Página web	http://induacero.com.ec/
Teléfonos	<ul style="list-style-type: none">• (593) 3266 3656• (593) 3266 3625
Sector	Metal - mecánica

Fuente: (INDUACERO, 2019)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.3 Visión

Convertirse en una empresa líder en el diseño y construcción de equipos industriales tanto en el ámbito nacional como internacional. (INDUACERO, 2019)

3.1.4 Ubicación

La empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga en la Av. Eloy Alfaro (antigua Panamericana Sur Km 4). Sector el Niagara (Frente a las Bodegas del Municipio). En la figura 15- 2., se observa la localización geográfica.



Figura 1-3: Localización geográfica INDUACERO CÍA. LTDA.

Fuente: (Googlemaps, 2021)

3.1.5 Situación actual del departamento de mantenimiento

Para conocer la situación del departamento de mantenimiento en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se procedió a realizar una encuesta virtual mediante la herramienta Google Forms.

El test virtual se ejecutó al grupo de profesionales técnicos de la planta, encargados del proceso productivo, presentado en la tabla 2- 3., con el fin de conocer a cuánto asciende aproximadamente la pérdida económica cuando una máquina entra en fallo, los días que se demoran para su reparación, etc., con lo que resulta viable realizar el plan de mantenimiento basado en la metodología del RCM.

Tabla 2-3: Grupo de profesionales técnicos encuestados.

Gerente general	Ing. Javier E.
Jefe de Planta	Ing. Roberto A.
Ingeniero de control y calidad 1	Ing. Paúl A.
Ingeniero de producción	Ing. Kevin L.
Ingeniero de Seguridad	Ing. Richard G.
Jefe del departamento de Mantenimiento 1	Tnlgo. Lenin G.
Técnico de Mantenimiento	Tec. Silvio M.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.6 Encuesta virtual

En la figura 2-3., se presenta la encuesta virtual conformada por las siguientes preguntas realizadas al grupo de profesionales de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.:



ENCUESTA - SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO 2021.

Considera usted qué: ¿El departamento de mantenimiento ayuda a garantizar que el proceso productivo se encuentre en un nivel?

Deficiente Aceptable Elevado

Cuándo una máquina (Puente grúa, Roladora, Prensa hidráulica. Etc.), que influye directamente en el proceso de manufactura ha entrado en estado crítico de indisponibilidad debido a un fallo, ¿Cuántos días han transcurrido para volver a estar operativos?

De 1 a 2 (Días) De 3 a 4 (Días) De 5 o más (Días)

Según su estimación: ¿Cuánto es la pérdida económica diaria que se produce si, una máquina se detiene por una falla comprometiendo el proceso productivo?

De 100 a 200 (Dólares) De 200 a 400 (Dólares) De 400 a más (Dólares)

Considera Usted qué: ¿ Un plan de mantenimiento basado en el RCM, que otorga beneficios como identificar y evitar los fallos potenciales, mejorando la seguridad a la hora de operar las máquinas puede ser una herramienta que aporte en la gestión de mantenimiento de la empresa?

SI NO

Figura 2-3: Encuesta virtual- Herramienta Google Forms

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.6.1 Evaluación de la situación actual del departamento de mantenimiento

La encuesta virtual se ejecutó a siete técnicos de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se obtuvo los siguientes resultados relacionados a las preguntas anteriores.

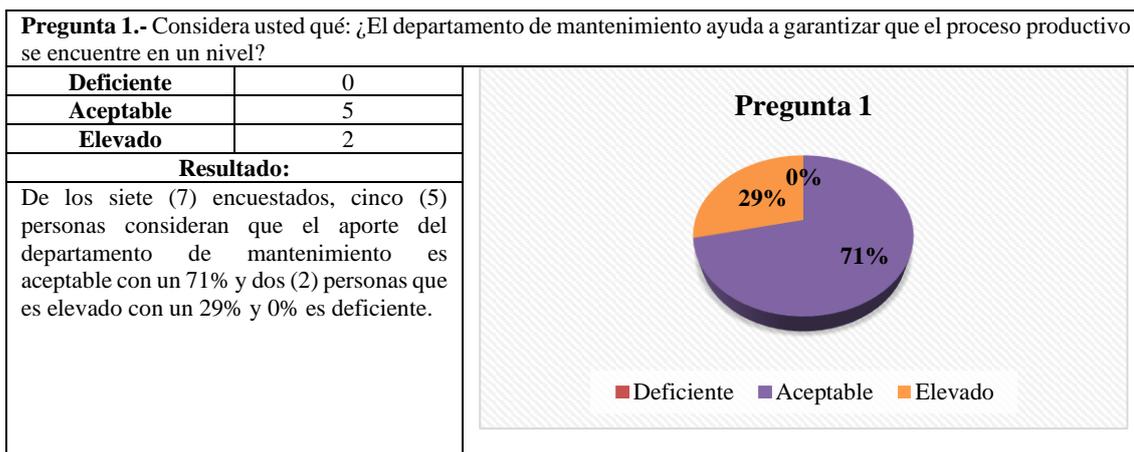


Gráfico 1-3: Resultado a la pregunta 1.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

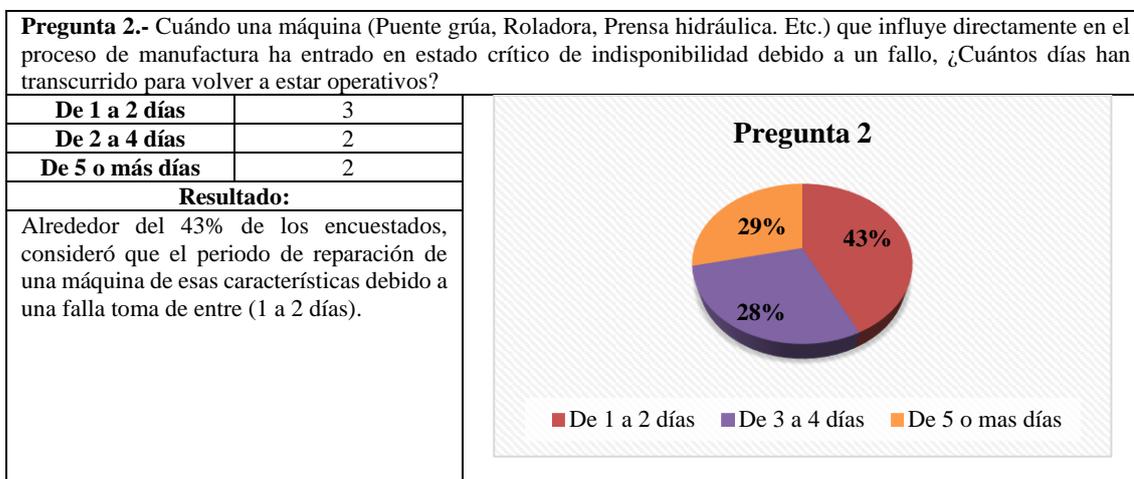


Gráfico 2-3: Resultado a la pregunta 2.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

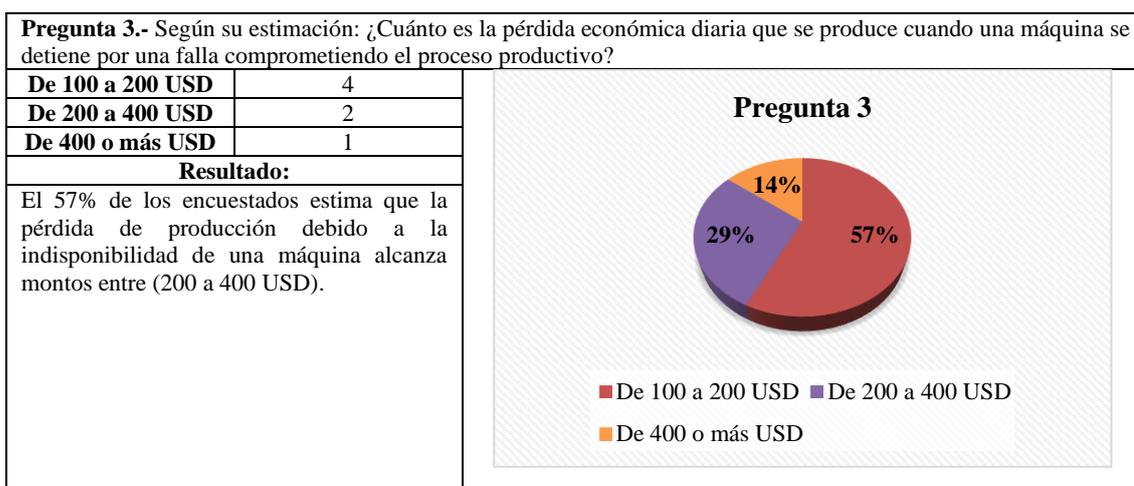


Gráfico 3-3: Resultado a la pregunta 3.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

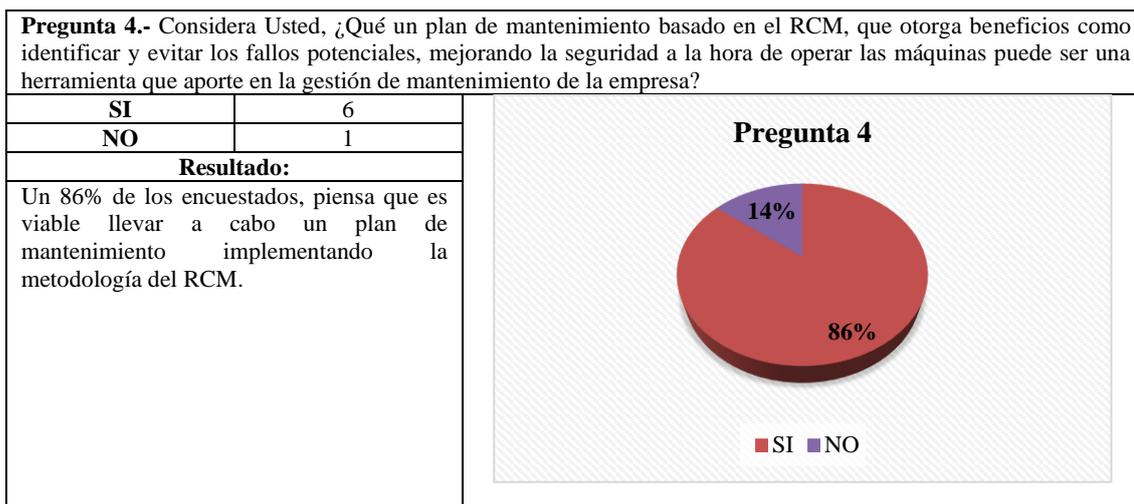


Gráfico 4-3: Resultado a la pregunta 4.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.7 Listado de las máquinas en el área de producción

La tabla 3-3., listan las máquinas del área de producción que fueron consideradas para el análisis de criticidad, cada una identificada con su marca, modelo y tipo de corriente.

Tabla 3-3: Máquinas existentes en el área de producción

Máquina	Marca	Modelo	Tipo de corriente
Cizalla	FERRY BBB	CH-306	Trifásico
Compresor de pistón	CAMPBELL HAUSFELL	CI-103120HMS	Trifásico
Fresadora	FEXAC	Trifásico
Motosoldadora	MILLER	BIG BLUE 400PRO	Trifásico
Mesa de corte	HYPERTHEM	PROF163	Trifásico
Plegadora	HACO	Trifásico
Puente grúa	VERLINDE	2000	Trifásico
Roladora	CASANOVA	Trifásico
Soldadora multiproceso	MILLER	CP 302	Trifásico
Taladro radial	HARVEY	Z3050 x 16/1	Trifásico
Torno	LOGAN	137381	Trifásico

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.8 Análisis de criticidad a las máquinas en el área de producción

Para realizar el análisis de la criticidad, se utilizará la metodología semicuantitativa, su resultado se obtiene al multiplicar la frecuencia por la consecuencia.

En la tabla 4- 3., se muestra los criterios para determinar la criticidad para los sistemas que se definieron en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Tabla 4-3: Criterios para determinar el análisis de criticidad

CRITERIOS PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS	
DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS	Valoración
<i>Frecuencia de fallas (FF)</i>	
Más de 2 fallas / año.	4
2 fallas / año.	3
1 fallas / año.	2
1 fallas cada 2 años.	1
<i>Impacto Operacional (IO)</i>	
Parada de planta.	8
Parada de área.	6
Parada de máquina.	4
No hay parada.	2
<i>Flexibilidad operacional (FO)</i>	
No existe equipo de reemplazo.	1
Existe la posibilidad de recuperar parcialmente la producción.	0.75
Existe equipo de reemplazo.	0.5
<i>Costos de Mantenimiento (CM)</i>	
Mayor o igual a 2.000 USD.	2
Inferior a 2.000 USD.	1
<i>Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH)</i>	
Afecta a la seguridad humana y al medio ambiente.	10
Afecta a las instalaciones provocando daños severos.	7
Provoca daños menores a la seguridad y al medio ambiente.	4
No provoca ningún daño.	1

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Se estableció la valoración de cada criterio bajo la experiencia del supervisor de planta y el técnico de mantenimiento para proceder al cálculo de la criticidad.

3.1.8.1 *Cálculo de la criticidad del puente grúa VERLINDE*

Unas de las máquinas más importante en el área de producción es el puente grúa, ya que de él se depende para levantar cargas pesadas y trasladar los materiales y productos terminados.

En la tabla 5-3., se presenta el cálculo de la criticidad para el puente grúa VERLINDE, con los parámetros y valoraciones de criticidad establecidos.

3.1.8.2 *Cálculo de criticidad de la roladora CASANOVA*

La roladora CASANOVA es una máquina de alta importancia utilizada en el doblaje de planchas de acero negro e inoxidable, por el cual no puede quedar inhabilitada.

En la tabla 5-3., se presenta el cálculo de la criticidad para la roladora CASANOVA, con los parámetros y valoraciones de criticidad establecidos.

Tabla 5-3: Cálculo de la criticidad del puente grúa VERLINDE

Frecuencia de fallas	4	
Consecuencia	Impacto Operacional	6
	Flexibilidad operacional	1
	Costos de Mantenimiento	2
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	10
Cálculo de la consecuencia	$(6*1)+2+10$	
Criticidad Total	72	

FRECUENCIA	4					Puente grúa	MUY CRÍTICO	50--80	
	3							CRÍTICO	23--49
	2							SEMI-CRÍTICO	11--22
	1							NO CRÍTICO	3--10
		(3-4)	(5-7)	(8-11)	(12-15)		(16-20)		
	CONSECUENCIAS								

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Una vez realizado el cálculo de la criticidad se determinó que el puente grúa VERLINDE es una máquina muy crítica en el área de producción con una criticidad total de setenta y dos (72) al obtener de la multiplicación de la frecuencia y la consecuencia.

Tabla 6-3: Cálculo de criticidad de la roladora CASANOVA

Frecuencia de fallas	4	
Consecuencia	Impacto Operacional	4
	Flexibilidad operacional	0.75
	Costos de Mantenimiento	1
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
Cálculo de la consecuencia	$(4*0.75)+1+7$	
Criticidad	44	

FRECUENCIA	4			Roladora CASANOVA			Roladora CASANOVA	MUY CRÍTICO	50--80	
	3								CRÍTICO	23--49
	2								SEMI-CRÍTICO	11--22
	1								NO CRÍTICO	3--10
		(3-4)	(5-7)	(8-11)	(12-15)	(16-20)				
	CONSECUENCIAS									

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Al realizar el análisis de criticidad se determinó que la roladora CASANOVA se encuentra en estado crítico con una criticidad total de cuarenta y cuatro (44), por lo que es una máquina de suma importancia y no puede dejar de funcionar.

3.1.9 Análisis de criticidad de los sistemas en el área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Tabla 7-3: Análisis de criticidad de los sistemas del área de producción.

Evaluación de la criticidad de los sistemas de área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA. 	Frecuencia de fallas				Impacto operacional				Flexibilidad operacional			Costos de Mtto		Impacto en seguridad, ambiente e higiene				Frecuencia	Consecuencias	Criticidad	
	Más de 2 fallas/año	2 fallas/año	1 fallas/año	1 fallas cada 2 años	Parada de planta.	Parada de área.	Parada de Máquina.	No hay parada.	No existe equipo de reemplazo.	Existe la posibilidad de recuperar parcialmente la producción.	Existe equipo de reemplazo	Mayor o igual a 1,500 USD	Inferior a 1,500 USD	Alta afectación a la seguridad humana y medio ambiente	Afecta a las instalaciones provocando daños severos.	Provoca daños menores a la seguridad y al medio ambiente	No provoca ningún daño.				
	4	3	2	1	8	6	4	2	1	0.75	0.5	2	1	10	7	4	1				
Nombre de la máquina																					
Cizalla FERRY b.b.b		3					4			0.75			1			4		3	8	24	CRÍTICO
Compresor CAMPPELL HAUSFELD			2				4			0.5		1					1	2	4	8	NO CRÍTICO
Fresadora FEXAC		3					4			0.5		1				4		3	7	21	SEMI-CRÍTICO
Motosoldadora MILLER				1			4			0.5		1				4		1	7	7	NO CRÍTICO
Mesa de corte HYPERTHEM		3					4			0.75			1			4		3	8	24	CRÍTICO
Plegadora HACO	4						4			0.5	2			10				4	14	56	MUY CRÍTICO
Puente grúa VERLINDE	4						6		1			2		10				4	18	72	MUY CRÍTICO
Roladora CASANOVA	4						4			0.75			1		7			4	11	44	CRÍTICO
Soldadora multiproceso	4						4			0.5		1				4		4	7	28	CRÍTICO
Taladro radial HARVEY		3					4			0.5		1				4		3	7	21	SEMI-CRÍTICO
Torno LOGAN	4						4		1			1					1	4	6	24	CRÍTICO

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

La Tabla 7-3., muestra los resultados del análisis de criticidad en los sistemas del área de producción, obteniendo que las máquinas: compresor de pistón y motosoldadora se encuentran en condición NO CRÍTICO. La fresadora y taladro radial presentan un estado SEMI – CRÍTICO. La cizalla, cortadora plasma, roladora, soldadora MIG y torno en una situación CRÍTICO. Finalmente, la plegadora y el puente grúa alcanzaron una categoría MUY CRÍTICO. VER ANEXO B

3.1.10 *Distribución del área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.*

El área de producción está conformada por varias secciones que mediante procesos permiten la elaboración de productos terminados y reparaciones de equipos industriales, con el fin de satisfacer el pedido de sus clientes. En el Gráfico 5-3., se observa las secciones que la conforman y la selección correspondiente para la realización del estudio del RCM.



Gráfico 5-3: Distribución del área de producción.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

El área de producción está conformada por siete (7) secciones de gran importancia, para el presente estudio se ha seleccionado las cuatro (4) primeras, ya que en ellos se encuentran las máquinas más relevantes y significativas para la fabricación y reparación de equipos industriales.

3.1.11 *Codificación de activos en el área de producción*

Para la identificación de activos es necesario codificar las máquinas que se encuentran en el área de producción, se ha diseñado un código que sea de fácil entendimiento e interpretación para los técnicos de mantenimiento y operación.

3.1.11.1 *Codificación para el puente grúa VERLINDE*

En la tabla 8-3., se presenta el código del puente grúa VERLINDE, para la identificación de este.

Tabla 8-3: Estructura de codificación para el puente grúa VERLINDE

PUENTE GRÚA VERLINDE					
NIVEL 1	DESCRIPCIÓN	NIVEL 2	DESCRIPCIÓN	NIVEL 3	DESCRIPCIÓN
EI	Empresa INDUACERO	AI	Acero Inoxidable	PV01	Puente grúa VERLINDE
EI – AI - PV01					

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.11.2 Descripción del código

La empresa INDUACERO CÍA. LTDA., dentro del área de acero inoxidable, cuenta con un puente grúa VERLINDE que es un activo importante para el levantamiento y la traslación de materiales pesados dentro del proceso productivo por lo que debe contar con una alta disponibilidad.

3.1.12 Codificación para la roladora CASANOVA

En la tabla 9-3., se presenta el código para la roladora CASANOVA, para la identificación de este.

Tabla 9-3: Estructura de codificación para la roladora CASANOVA

ROLADORA CASANOVA					
NIVEL 1	DESCRIPCIÓN	NIVEL 2	DESCRIPCIÓN	NIVEL 3	DESCRIPCIÓN
EI	Empresa INDUACERO	AC	Acero al Carbono	RC01	Roladora CASANOVA
EI – AC - RC01					

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.12.1 Descripción del código

La empresa INDUACERO CÍA. LTDA., dentro del área de acero al carbono, cuenta con una roladora CASANOVA que es un activo importante en el doblado de planchas de acero para la fabricación de recipientes a presión dentro del proceso productivo por lo que se debe garantizar su alta disponibilidad.

3.1.13 Codificación de los sistemas en el área de producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

En la tabla 10-3., se presenta la codificación de los activos correspondientes al área de producción, para lo cual se estructuró el código con la ayuda del jefe de mantenimiento de la empresa.

Tabla 10-3: Codificación de los sistemas del área de producción.

	CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS		
PLANTA	ÁREA	SISTEMA	CÓDIGO
I N D U A C E R O	Conformado y plasma	Mesa de corte HYPER THERM	EI - CP - PC01
	Acero inoxidable	Soldadora Multiproceso MILLER	EI - AI - SM01
		Puente grúa VERLINDE	EI - AI - PV01
	Acero al carbono	Compresor CAMPBELL HAUSFELD	EI - AC - CC01
		Motosoldadora MILLER BIG BLUE 400XPRO	EI - AC - MM02
		Roladora CASANOVA	EI - AC - RC01
		Torno LOGAN	EI - AC - TC01
	Plegado y corte	Cizalla FERRY b.b.b	EI - PC - CF01
		Fresadora FEXAC	EI - PC - FF01
		Plegadora HACO	EI - PC - PC01
		Taladro radial HARVEY	EI - PC - TH01

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

En las instalaciones de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., el área de producción se encuentra distribuida en secciones de conformado y plasma, acero inoxidable, acero al carbono, plegado y corte, en la cual para cada sección se enlista las máquinas que se encuentran instaladas dentro de ellas con su respectivo código, cabe recalcar que el código debe contener el mismo número de dígitos siendo estos alfabéticos, numéricos o alfanuméricos. En el ANEXO C se da a conocer la codificación y el inventario de las máquinas del área de producción.

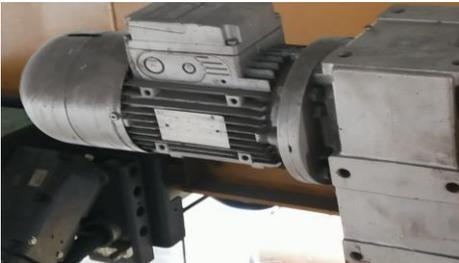
3.1.14 Contexto operacional del puente grúa VERLINDE

3.1.14.1 Especificaciones técnicas del puente grúa VERLINDE

Para poder establecer las funciones principales del puente grúa VERLINDE, en primer lugar, se debe conocer las especificaciones técnicas que tiene el activo mediante la identificación de placa que por lo general toda máquina tiene y es colocada al momento de su comercialización, como también los subsistemas que lo constituyen.

En la tabla 11-3., se da a conocer los subsistemas del puente grúa VERLINDE que lo componen con su respectiva especificación técnica obtenidos de la recolección de datos en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

Tabla 11-3: Especificaciones técnicas del puente grúa VERLINDE

PUENTE GRÚA VERLINDE		<i>INDUACERO</i>	<i>INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.</i>	
SISTEMA		IMAGEN		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		SUBSISTEMA 2		IMAGEN
Marca	VERLINDE	MOTOREDUCTOR LONGITUDINAL 1		
Modelo	VT3	Marca	ROSSI	
Capacidad de elevación	8 Ton.	Motor	MD100PD	
Velocidad principal de elevación	3/0,5 m/min	Reductor	HT 315	
Velocidad secundaria de elevación	19/3 m/min	Potencia	1,5 kW	
Tensión	208/230 V	Relación transmisión	i35	
Frecuencia	60Hz	Velocidad	1500 / 500 r.p.m	
SUBSISTEMA 1		SUBSISTEMA 3		IMAGEN
Carro de Izaje		MOTOREDUCTOR LONGITUDINAL 2		
IMAGEN		Marca	ROSSI	
Longitud de viga principal	30 m	Motor	MD100PD	
Diámetro de tambor	750 mm	Reductor	HT 315	
Altura de izaje	12 m	Potencia	1,5 kW	
		Relación transmisión	i35	
		Velocidad	1500 / 500 r.p.m	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.14.2 Contexto operacional del puente grúa VERLINDE

Para una buena descripción del contexto operacional se debe tomar en cuenta varios parámetros, con el fin de obtener la función principal del puente grúa VERLINDE.

Tabla 12-3: Parámetros del contexto operacional para el puente grúa VERLINDE

ASPECTOS CLIMÁTICOS	Se encuentra instalado en la nave del área de acero inoxidable, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C, con estas propiedades físicas trabaja con normalidad.
FUNCIONAMIENTO	La operación, control, manejo y realización de maniobras de izaje con el puente grúa se los realiza al mismo nivel del operador por medio de un dispositivo electrónico, que se encuentra unido físicamente a través de una manguera con cables alimentados eléctricamente al puente grúa.
PROCESOS	De acuerdo con la demanda y uso del activo, se considera que el puente grúa cumple con un proceso parcial, ya que para por intervalos de tiempo, debido a que es utilizado principalmente en llevar a cabo desplazamiento de materias primas entre procesos con el fin de obtener productos terminados, y cuando se ejecuta el montaje de tanqueros de almacenamiento en los chasis de camiones según su propósito.
REDUNDANCIA	Dentro del proceso, en el área de acero inoxidable, se cuenta con dos puentes de tipo monorriel instalados sobre el mismo sistema de rieles conductores, que pueden remplazar la función uno del otro, pero por tener diferentes capacidades de elevación se considera limitada su intención de uso cuando se trata del manejo de cargas superiores a 6 toneladas.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Equipo fabricado bajo norma NEMA 3, y diseñados para cumplir y exceder clasificaciones de servicio (ASME H3 o ASME H4).
ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES	El movimiento del puente grúa se da gracias a que se encuentra alimentado eléctricamente, no consume combustibles que pueden llegar contaminar el ambiente, ya sea por su consumo o de llegar a darse un derrame.
RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	Las operaciones de este activo generan peligros para toda el área en donde se encuentra, debido a que manejan cargas suspendidas, por lo que resulta importante ejecutar un mantenimiento centralizado del mismo para disminuir el riesgo de generar un accidente por alguna falla.
OPERACIÓN	El equipo trabaja en un periodo intermitente, que bordea las 5 horas diarias de lunes a sábado dependiendo de la carga de trabajo que tenga la empresa.
ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	Cuando existe un fallo y la máquina se detiene genera una pérdida de \$200 por hora, por lo que no es conveniente que la máquina entre en fallo.
REPUESTOS	La empresa no cuenta con repuestos en bodega para llevar a cabo actividades de mantenimiento, por lo que cuando se dan averías o eventos adversos que detienen el activo se envía a su reparación a una empresa especializada.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

El contexto operacional está conformado por parámetros principales como: aspectos ambientales, funcionamiento, procesos, redundancia, estándares de calidad, etc., estos ayudan a entender el funcionamiento de los activos.

3.1.14.3 *Función del puente grúa VERLINDE*

Una vez conocidas las especificaciones técnicas, subsistemas y el contexto operacional del puente grúa, se procede a determinar la función que cumple el activo dentro de la empresa.

El puente grúa VERLINDE cumple la siguiente función:

“Trasladar cargas de materiales en curso de fabricación con capacidad de elevación límite de 8 toneladas dentro de la nave del área de acero inoxidable”

3.1.15 *Contexto operacional de la roladora CASANOVA*

3.1.15.1 *Especificaciones técnicas de la roladora CASANOVA*

Para poder establecer las funciones principales, se debe conocer las especificaciones técnicas que tiene el activo mediante la identificación de sus datos técnicos, y la identificación de los subsistemas que lo componen.

En la tabla 13-3., se muestra los subsistemas la roladora CASANOVA, con sus respectivas especificaciones técnicas.

3.1.15.2 *Contexto operacional de la Roladora CASANOVA*

Para una buena descripción del contexto operacional se lo ha dividido en varios criterios, con el fin de ordenar la información que ayude a determinar las funciones de la roladora CASANOVA. Todos los parámetros fueron llenados con la ayuda del supervisor de planta y con el jefe de mantenimiento.

En la tabla 14-3., se presenta los parámetros considerados para el planteamiento del contexto operacional.

3.1.15.3 *Función de la roladora CASANOVA*

La función de la roladora CASANOVA es la siguiente:

“Doblar placas de acero de un espesor máximo de 12 mm a una velocidad de 2.5 a 5 m/min.”

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas de la roladora CASANOVA

ROLADORA CASANOVA				INDUACERO	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.
SISTEMA				IMAGEN	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES				SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN	
Marca		CASANOVA		Tensión de cebado	
Modelo		OC-14 2,050X1,8		24 Vdc	
Potencia		30 HP		Consumo de grasa	
Tensión de trabajo		440V		12 gr.	
Frecuencia de red		60Hz		Tipo de lubricante	
Tensión de mando		24 Vdc		Grasa lubricante LUBRA NLGI 2	
Peso de la máquina		25400 Kg		SUBSISTEMA MOTOR 1	
Longitud	5,35 m	Anchura	2,30 m	IMAGEN	
Altura	2,5 m	Presión acústica	<60dB	Tipo	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRODUCTIVIDAD				Aisl. cl.	
Longitud mesa rodillo superior				1,95 m	
Longitud rodillos laterales				2,30 m	
Velocidad de rodillos				(2,5-5) m/min	
Carga máx. rodillo superior				3750 KN	
SUBSISTEMA ESTRUCTURA MECÁNICA				IMAGEN	
Diámetro rodillo superior				0,34 m	
Diámetro rodillos inferiores				0,30 m	
Velocidad de rodillo superior				200-400 mm/min	
Velocidad de rodillos inf.				-----	
Altura de los rodillos laterales				1,45 m	
SUBSISTEMA NEUMÁTICO				IMAGEN	
Marca		NORGREN		Potencia	
Tipo		CF-007526		7,5 kW	
Diámetro		125 mm		RPM	
Longitud		1146 mm		1440	
Presión		10 Bar		Voltaje	
Temperatura		80 °C		380V	
				Amperaje	
				16A	
				SUBSISTEMA MOTOR 2	
				Tipo	
				FM132MX/4	
				Aisl. cl.	
				B	
				Nº Fabr.	
				8046864	
				SUBSISTEMA MOTOR 3	
				Tipo	
				FM132MX/4	
				Aisl. cl.	
				B	
				Nº Fabr.	
				8066564	
				SUBSISTEMA MOTOR 4	
				Tipo	
				FM80LY/4	
				Aisl. cl.	
				F	
				Nº Fabr.	
				8059352	
				Potencia	
				22 kW	
				RPM	
				1455	
				Voltaje	
				380V	
				Amperaje	
				44A	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

La roladora CASANOVA está compuesta por varios subsistemas que permiten un funcionamiento óptimo esperado por el operador, al ser una máquina de gran magnitud lo más recomendable es dividirlo en subsistemas que permitan identificar la falla y poder atacar el problema de raíz.

Para la descripción del contexto operacional, se ha mencionado parámetros importantes, que se presentan en la tabla 14-3.

Tabla 14-3: Parámetros del contexto operacional para la roladora CASANOVA.

ASPECTOS CLIMÁTICOS	La Roladora CASANOVA se encuentra instalado en la nave del área de acero al carbono de forma subterránea, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C, con estas propiedades físicas la roladora CASANOVA trabaja con normalidad.
FUNCIONAMIENTO	Funciona mediante el encendido de motores eléctricos que dan accionamiento a un sistema de engranajes que proporciona un par de torsión, permitiendo el giro de los rodillos laterales. La plancha de acero ingresa por la parte del rodillo superior (inmóvil) y mediante la torsión que ejercen los rodillos laterales empieza a doblar la lámina de abajo hacia arriba, el proceso de rolado es controlado por un tablero de control con voltaje de 24 Vdc.
PROCESO Y REDUNDANCIA	La roladora CASANOVA trabaja en un proceso a tiempo parcial ya que opera según la demanda que se genera por los contratos referentes a construcción de tanques de almacenamiento de orden industrial, la planta posee otras roladoras, pero esta es la única en el proceso que realiza el cilindrado de planchas para elaboración de equipos de gran magnitud gracias a sus dimensiones.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	La operación del cilindrado de las planchas de acero en la roladora garantiza la conformación de equipos industriales bajo estándar API edición TWELFTH, y bajo pruebas de presión en diseño ATM.
ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES	La roladora CASANOVA se alimenta con energía eléctrica por lo que no provoca daños al medio ambiente al no utilizar gases de combustión.
RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	El activo presenta una seguridad relativamente alta, ya que las condiciones de trabajo están dirigidas solo al personal autorizado, para evitar accidentes laborales debido a altas vibraciones que produce, se la ha montado a subnivel, con el fin de evitar golpes o atrapamientos en personas que transitan por el lugar.
OPERACIÓN	Su capacidad de funcionamiento es del 75%, laborando de 2 a 3 veces por semana (5 días) en un lapso de 3 horas continuas.
ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	Cuando en la roladora CASANOVA se produce un fallo crítico, se genera una pérdida de \$75 por hora.
REPUESTO	Cuando el fallo es de pequeña magnitud, el repuesto se adquiere directamente de bodega y para fallos de gran magnitud se realiza pedidos de repuestos a casas comerciales extendiendo el tiempo de reparación.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Un contexto operacional bien descrito debe contener por lo menos los parámetros mencionados en la tabla anterior, con el fin de conocer el medio en que opera, si presenta afectaciones a la seguridad o al medio ambiente, si se cuenta con los repuestos en bodega, el tiempo en que se demora en reparar, la mano de obra que se debe utilizar para la reparación, afectaciones a la producción, etc. El contexto operacional de las máquinas se presenta EN EL ANEXO D.

3.1.16 Funciones de activos en el área de producción.

En la tabla 15-3., muestra las funciones que cumplen los activos en el área de producción con el objetivo de garantizar que los procesos no se detengan.

Tabla 15-3: Funciones de activos en el área de producción.

Máquina	Función
	Verbo + Objeto + Estándares de rendimiento.
Cizalla FERRY b.b.b	Cortar láminas de acero de hasta 6 mm de espesor con una capacidad de corte en presión de 220 N/cm ² .
Compresor CAMPBELL HAUSFELD	Comprimir aire para suministrar 175 PSI a una temperatura de 40°C.
Fresadora FEXAC	Realizar procesos de maquinado a formas geométricas a una velocidad de 1750 rpm.
Motosoldadora MILLER BIG BLUE 400 XPRO	Soldar dos o más piezas metálicas mediante arco eléctrico con una potencia de 21.7 Hp.
Mesa de corte HYPERTHERM	Cortar láminas de acero de 32 mm por plasma oxígeno a una velocidad de corte de 500mm/min.
Plegadora HACO	Flexionar en frío materiales laminados con fuerza de plegado de 225 Ton.
Soldadora multiproceso MILLER	Soldar 2 o más piezas metálicas de diferentes dimensiones con una potencia de 13.6 kW utilizando material de aporte.
Taladro radial HARVEY	Generar movimiento rotativo, permitiendo realizar perforaciones en piezas metálicas con un torque máximo de 400 N.m.
Torno LOGAN	Mecanizar piezas metálicas con tolerancia de hasta 20µm, con una velocidad de entre 300 – 1500 rpm.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Cada activo se analizan sus funciones, teniendo presente que se debe seguir una estructura descrita en la metodología del RCM para describirlas de forma.

3.1.17 Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE)

Una vez que se conoce las especificaciones técnicas del activo, el contexto operacional y se ha realizado el análisis de criticidad para cada uno, para continuar con la metodología del RCM se debe realizar un análisis AMFE (Análisis de Modos de Fallo y Efectos). En las siguientes tablas., se presenta la hoja de información de los sistemas del puente grúa y de la roladora, donde se encuentra la función del activo, los fallos funcionales, los modos de fallos, efectos de fallos y consecuencias, con el fin de recaudar información y pasar al diagrama de decisión.

También se incluye la hoja de decisión para cada sistema, la cual va a hacer llenada mediante las preguntas que se hicieron con el diagrama de decisión, incluyendo tareas de mantenimiento, frecuencia y el especialista encargado de realizar la tarea.

3.1.17.1 Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE) del puente grúa VERLINDE

Tabla 16-3: Hoja de información del sistema de la estructura mecánica.

Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencia	
1	Soportar una carga de 8 Ton sin que se provoquen deformaciones en la viga principal.	A	La viga principal es incapaz de soportar la carga.	1	<ul style="list-style-type: none"> Fallas evidentes: Vibraciones, paros constantes del carro en su recorrido por la viga principal metálica. Si existe amenaza a la seguridad: aplastamiento de extremidades superiores e inferiores a los trabajadores. No existe amenaza al medio ambiente. Efectos físicos: golpes en el carro y daños por impacto a equipos industriales en procesos. Solución: Rellenado mediante soldadura por arco eléctrico con un costo de \$50, lo realiza el técnico de mantenimiento Tiempo de parada aproximado: de 48 a 72 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable la pérdida de producción es \$45 por hora. Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Seguridad
2	Garantizar los movimientos de traslación.	A	No garantiza movimiento de traslación.	1	<ul style="list-style-type: none"> Falla evidente: Ruido excesivo por el rozamiento entre el cabezal y los rieles de rodadura. Si existe amenaza a la seguridad: fatiga auditiva y falta de concentración de los trabajadores. No existe amenaza al medio ambiente. Efectos físicos: desgaste adhesivo en las ruedas motrices y vibraciones en el movimiento de la carga suspendida Solución: Cambio de las ruedas motrices, con un costo de \$60, ejecutante técnico de mantenimiento. Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, la pérdida de producción es de \$20 por hora. Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Seguridad
3	Permitir la alineación de los rieles de rodadura.	A	Desalineación de los rieles de rodadura.	1	<ul style="list-style-type: none"> Falla evidente: Atascamiento de las ruedas en el riel de rodadura no permitiendo el avance del carro. No existe amenaza a la seguridad No existe amenaza al medio ambiente. Efectos físicos: fisuras en las ruedas motrices. Solución: Sustitución de las ruedas motrices, con un costo de \$60 por hora, ejecutante técnico de mantenimiento. Tiempo de parada aproximado: de 4 a 8 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable con pérdida de producción de \$50 por hora. Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Operacionales
				2	<ul style="list-style-type: none"> Falla evidente: Descarrilamiento de los cabezales al salirse las ruedas motrices del riel de rodadura. Si existe amenaza a la seguridad: muerte del trabajador por aplastamiento. No existe amenaza al medio ambiente Efectos físicos: daños a los equipos industriales por aplastamiento que se encuentran sobre el piso. Solución: Cambio de las ruedas motrices por unas de material más resistentes, ejecutante personal de mantenimiento. Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, no afecta a la producción. Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Seguridad

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 17-3: Hoja de información del sistema de traslación.

		Empresa:		Código del activo:	Sistema:	Realizado por:	Fecha:	Hoja:
		INDUACERO CÍA. LTDA.			El-AI-PV01	Puente grúa VERLINDE	Casa Jhonny; Chuqui Wellington	27/01/2021
		Área: Acero Inoxidable			Subsistema: Traslación	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 6
Función	Falla funcional	Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia
1	A	No se desplaza a ningún lado.	1	Cable de alimentación deteriorado por sobrecargas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No llega voltaje a ningún elemento del puente grúa se puede evidenciar al accionar la botonera. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos olores extraños, humo. • Solución: Cambio del cable de alimentación con un costo de \$75, con la intervención de técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 30 a 60 min, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable la pérdida de producción es de \$50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Operacionales		
			2	Motor eléctrico de los cabezales quemado por sobrecarga.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No existe movimiento de los cabezales al accionar el botón de avance transversal, pero el movimiento longitudinal y de elevación del puente grúa siguen operativos. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos olores extraños, humo, calor. • Solución: Rebobinado del motor, con un costo de \$200, la reparación se realiza en un taller externo. • Tiempo de parada aproximado: de 8 a 24 horas, la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, la pérdida de producción es de \$40 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Operacionales		
			3	Freno bloqueado por desgaste excesivo de las zapatas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al desplazar transversalmente el puente grúa no se detiene en el punto que el operador desea por retardo en el accionamiento del freno. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos daños al propio equipo, desgaste de la capa superficial del disco de freno. • Solución: Cambio de zapatas del freno del cabezal, con un costo de \$75, ejecuta el técnico de mantenimiento y su ayudante. • Tiempo de parada aproximado: aproximadamente 12 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, la pérdida de producción es de \$40 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Operacionales		
			4	Fuga de corriente en la entrada del contactor por terminales flojos.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: No pasa la corriente deseada hacia los contactores, generando que el cabezal tenga avances intermitentes. • Si existe amenaza a la seguridad: riesgo de electrocutarse y morir por caída. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos corto circuitos, humo, probabilidad de incendio en el gabinete de control. • Solución: Ajustar los terminales de entrada del contactor, con un costo de \$10, ejecuta el técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 15 a 30 min, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, la pérdida de producción es de \$40 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: Seis veces al año. 	Falla oculta		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 17-3.)...

Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla		Consecuencia	
							
Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA. Área: Acero Inoxidable			Código del activo: EI-AI-PV01	Sistema: Puente grúa VERLINDE	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja: 3
			Subsistema: Traslación	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 6	
1	B	Se desplaza a un solo sentido.	1 Corto circuito en la bobina del contactor por sobretensión	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El contactor dañado por corto circuito no permite el paso de corriente a uno de los sentidos del puente grúa impidiendo que se realice el cambio de sentido de giro en los motores del testero, ocasionando que el cabezal a un solo dado. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: humo, olor extraño, degradación de bobina del contactor. • Solución: Cambio del contactor, con un costo de \$80, técnico de mantenimiento ejecutante. • Tiempo de parada aproximado: de 30 a 60 min, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: Dos veces al año. 	No operacionales		
			2 Contactos del temporizador soldados por sobretensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Por sobretensión existe la posibilidad que se cree una micro soldadura entre contactos. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos micro soldadura por tensiones elevadas, humo, olor extraño, degradación del contactor por cortocircuito. • Solución: Cambio del temporizador, con un costo de \$100, con la intervención del técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 30 a 60 min, la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: Dos veces al año. 	No operacionales		
	C	No se desplaza a la velocidad requerida por el operador	1 Baja potencia del motor por fuga de voltaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se presenta un movimiento lento del cabezal, acompañado por la elevación de temperatura del motor transversal. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos temperatura elevada del motor transversal, quemado del bobinado. • Solución: cambio del cable de tierra dentro del encaquetado principal con un costo de \$20, lo realiza el técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, la pérdida de producción es de \$80 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: Una vez al año. 	Operacionales		
2	A	No se detiene el puente grúa en el tiempo de 4 s.	1 Frenos mal regulados.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Des calibración de frenos producidos por golpes entre el cabezal y la estructura metálica y por objetos que interfieren en el recorrido del cabezal. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos sobrecalentamiento de las zapatas, ruido anormal, desgaste en las zapatas • Solución: regulación de frenos, con un costo de \$20, con la intervención del técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, la pérdida de producción es de \$80 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: Cuatro veces al año. 	Operacionales		

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 17-3.)...

Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencia
			2 Roturas en el cable del sensor de proximidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se produce la rotura del cable al momento que se remuerde o se atasca con la propia estructura metálica durante su desplazamiento. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: frenado brusco de los cabezales, daños físicos a la propia máquina por golpes, aflojamiento de piezas móviles del cabezal. • Solución: Sustitución del cable del sensor de proximidad, con un costo de \$15, ejecuta técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 15 a 30 min, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	No operacionales
3 Detener el puente grúa si se presentase un obstáculo en el riel de rodadura.		A No se detiene frente al obstáculo.	1 Defecto en el sensor de proximidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El fallo del sensor de proximidad se produce por los golpes que sufre con la propia estructura o con objetos que se encuentran en el recorrido del puente grúa. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: fisuras en el sensor de proximidad, golpes al cabezal. • Solución: Cambio del sensor de proximidad, con un costo de \$15, ejecuta técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	No operacionales
			2 Roturas en el cable del sensor de proximidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se produce la rotura del cable al momento que se remuerde o se atasca con la propia estructura metálica durante su desplazamiento. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: frenado brusco de los cabezales, daños físicos a la propia máquina por golpes, aflojamiento de piezas móviles del cabezal. • Solución: Sustitución del cable del sensor de proximidad con un costo de \$15, ejecuta técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 15 a 30 min, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	No operacionales

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 18-3: Hoja de información del sistema de elevación.

Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencia
1		A	Incapaz de elevar cargas.	Rotura del cable de alimentación por corto circuito. <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La falla se puede detectar debido a que la tensión no llega a ningún componente del polipasto y provocando paro total del activo. • Si existe amenaza a la seguridad: aplastamiento por caída de carga. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: cable de elevación sobrepuesto sobre el tambor, altura de elevación descalibrada, deslizamiento de la carga, sobretensión en el cable de elevación. • Solución: Cambio del cable de alimentación, con un costo de \$40, con la intervención del técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: La indisponibilidad del activo por reparación dura alrededor de 1 hora, provocando la detención de maniobras de izaje en media nave del área de acero inoxidable generando pérdidas económicas en producción de \$80 aprox. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	Seguridad
				Motor de elevación quemado por sobrecalentamiento. <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El problema es evidente a simple vista, debido a que no existe movimiento de elevación por sobrecalentamiento del disyuntor con presencia de humo en el gabinete de control. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: humo, elevación de temperatura en la carcasa del motor. • Solución: Rebobinado del motor, con un costo de \$150, la reparación se realiza en un taller externo. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo considerado para poner operativo el equipo bordea los 2 días, provocando la detención de maniobras de izaje a media nave del área de acero inoxidable, ocasionando pérdidas económicas de \$200. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Operacionales
				Freno de solenoide bloqueado por carga dinámica. <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Cuando el freno se encuentra bloqueado es evidente, debido a que no existe movimiento de elevación en el equipo, mientras que el movimiento de traslación si se ejecuta. • Si existe amenaza a la seguridad: debido a que la carga queda suspendida, podría surgir aplastamientos a los trabajadores de la empresa. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: Elevación de temperatura del motor principal, esfuerzo de tracción en el cable con previas roturas de hilos. • Solución: Liberación del par de zapatas agarrotados, con un costo de \$50, con la intervención del técnico de mantenimiento y ayudante. • Tiempo de parada aproximado: Su reparación toma alrededor de 4 horas, provocando la detención de maniobras de izaje a media nave del área de acero inoxidable, las pérdidas económicas en producción son de aproximadamente de \$200. • Probabilidad de ocurrencia: 2 veces al fallo. 	Seguridad

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 18-3.) ...

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del activo: EI-AI-PV01	Sistema: Puente grúa VERLINDE	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 6
		Área: Acero Inoxidable			Subsistema: Elevación	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 6
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
		B No eleva cargas hasta los 12 metros de altura.		1 Rodamientos agarrotados por mala lubricación.		<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El motor de elevación presenta sobrecalentamiento y baja potencia, se lo puede identificar al momento de izar cargas, en el polipasto existe presencia de humo durante su funcionamiento, acompañado con un movimiento de elevación extremadamente lento. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: sobrecalentamiento de la carcasa, esfuerzo de tracción en el cable con previas roturas de hilos, torsión en el eje del motor. • Solución: Cambio del rodamiento, con un costo de \$50, con la intervención del técnico de mantenimiento y su ayudante. • Tiempo de parada aproximado: se demora alrededor de 24 a 48 horas, generando rubros negativos para la empresa de alrededor \$200 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 		Operacionales
				2 Cable de izaje sobrepuesto en tambor por disparo del final de carrera.		<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se puede identificar la falla cuando al inspeccionar el cable no se sitúa sobre los apoyos enrollables del tambor, el final de carrera se dispara por el movimiento excesivo de cargas. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: fricción, calor y fatiga en el cable, trabamiento en el motor. • Solución: Recalibrar el final de carrera del cable, con la intervención del técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: La duración de tiempo para restauración del servicio alcanza aproximadamente 1 hora, provocando la detención de maniobras de izaje a media nave del área de acero inoxidable, con una pérdida de producción que bordea los \$70. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 		Operacionales

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.18 Propuesta de cálculo para frecuencias de tareas de mantenimiento

Para determinar las frecuencias de tareas de mantenimiento se utilizará el análisis de Weibull mediante el método de regresión del rango mediano (MRR) por tener muestras pequeñas, igual o menores a 20 datos. Al aplicar el análisis de Weibull de dos parámetros, la ecuación que se utiliza para la probabilidad de fallo es la siguiente:

$$F(t) = 1 - e^{-(t/\alpha)^\beta} \quad (3)$$

Donde;

α : parámetro de escala.

β : parámetro de forma.

t: es el tiempo expresado en variable.

La empresa INDUACERO CÍA. LTDA., no cuenta con un historial de fallos por lo que se propone mediante un ejemplo el cálculo del cambio de rodamiento SKF N208 ECP en un puente grúa durante los años 2018, 2019 y 2020.

En la tabla 19-3., que se presenta a continuación, se puede observar los tiempos de fallo durante los tres últimos años.

Tabla 19-3: Tiempos de fallos del rodamiento SKF N208 ECP.

Número de fallos (i)	Tiempo de fallos t (horas)
1	375
2	700
3	820
4	1125
5	1400
6	1750
7	1920

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

En la tabla se puede observar que existieron siete (7) fallos durante los tres últimos años, para lo cual el primer paso para realizar el análisis de Weibull es ordenar de menor a mayor los tiempos de fallo.

3.1.18.1 Cálculo del rango mediano.

Para el cálculo de los parámetros de Weibull se va a utilizar el método de regresión del rango mediano (MRR), utilizando la técnica de regresión lineal junto con la variable del rango mediano.

A continuación, se presenta la expresión de Bernard para el cálculo del rango mediano.

$$F_i = \frac{(i - 0,3)}{(N + 0,4)} \% \quad (4)$$

Donde:

N: Tamaño de la muestra.

i: Posición clasificada del elemento.

Para el cálculo del rango mediano se utiliza la expresión de Bernard para el primer tiempo de fallo.

$$F_i = \frac{(i - 0,3)}{(N + 0,4)} \%$$

$$F_i = \frac{(1 - 0,3)}{(7 + 0,4)} \%$$

$$F_i = 0.09459459$$

En la tabla 20-3., se observa el cálculo del rango mediano para los siete (7) fallos, utilizando la ecuación anterior.

Tabla 20-3: Cálculo del rango mediano.

Número de fallos (i)	Tiempo de fallos t (horas)	Rango mediano
1	372	0.09459459
2	624	0.22972973
3	875	0.36486486
4	1130	0.5
5	1378	0.63513514
6	1654	0.77027027
7	1978	0.90540541

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.18.2 Procedimiento del Análisis de Weibull según la norma EN 61649:2008

Se parte de la ecuación (3), con el fin de despejar β , obteniendo así la ecuación (5).

$$F(t)=1-e^{-(t/\eta)^\beta}$$

$$1-F(t)=e^{-(t/\eta)^\beta}$$

$$\text{Ln}[-\text{Ln}(1-F)]=\beta[\text{Ln } t-\text{Ln } \eta] \quad (5)$$

Continuamos despejando la ecuación (5) hasta obtener la ecuación (6):

$$\text{Ln}[-\text{Ln}(1-F)]=\beta \text{Ln } t - \beta \text{Ln } \eta \quad (6)$$

3.1.18.3 Parámetros de la distribución

La ecuación (7) representa la ecuación lineal de la recta:

$$Y=mX+C \quad (7)$$

Siendo:



En la tabla 21-3, que se presenta a continuación se presenta los cálculos que se realizaron para alcanzar el parámetro de forma y escala, en el cual se aplica las fórmulas planteadas anteriormente.

Los datos históricos del rodamiento se los debe ordenar de menor a mayor como primer paso, luego se debe calcular el rango mediano (Fi) para el número de fallos existentes que surgieron durante los tres últimos años.

Tabla 21-3: Cálculo de parámetros de la distribución de Weibull para un rodamiento SKF N208 ECP

ANÁLISIS DE WEIBULL								
Número de fallo (i)	Tiempo de fallo (ti)	Rango mediano	$X=\ln(t)$	$Y=\ln[-\ln(1-F(t))]$	$(X_i-\bar{X})$	$(X_i-\bar{X})^2$	$(Y_i-\bar{Y})$	$(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})$
1	372	0,095	5,919	-2,309	-0,994	0,988	-1,801	1,790
2	624	0,230	6,436	-1,343	-0,476	0,227	-0,835	0,398
3	875	0,365	6,774	-0,790	-0,138	0,019	-0,282	0,039
4	1130	0,500	7,030	-0,367	0,117	0,014	0,142	0,017
5	1378	0,635	7,228	0,008	0,316	0,100	0,516	0,163
6	1654	0,770	7,411	0,386	0,498	0,248	0,894	0,445
7	1978	0,905	7,590	0,858	0,677	0,459	1,366	0,925
i	7	Sumatoria	48,388	-3,556		2,054		3,777
		Promedio	6,913	-0,508				

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Al calcular el rango mediano se procede al cálculo del eje “X” mediante la ecuación planteada anteriormente, con los datos calculados se procede a sumar la columna del eje de las “X” obteniendo el sumatorio total y el promedio de los siete (7) fallos que ocurrieron, para el eje “Y” se realiza el mismo procedimiento, estos datos son muy importantes para la realización del método gráfico.

Con la obtención del promedio tanto para el eje “X” como para el eje “Y”, se procede al cálculo para la linealización de la recta tomando el primer valor de X_i y restando el promedio de la misma columna, este resultado se eleva al cuadrado con el fin de obtener datos positivos, de la misma forma se realiza con los ejes “Y” y para culminar se realiza la multiplicación del producto $(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})$.

En la realización de la gráfica se utilizó el software Excel para el cuál se representa $\text{Ln}[-\text{Ln}(1-F(t))]$ vs $\text{Ln}(t)$, obteniendo la siguiente gráfica:

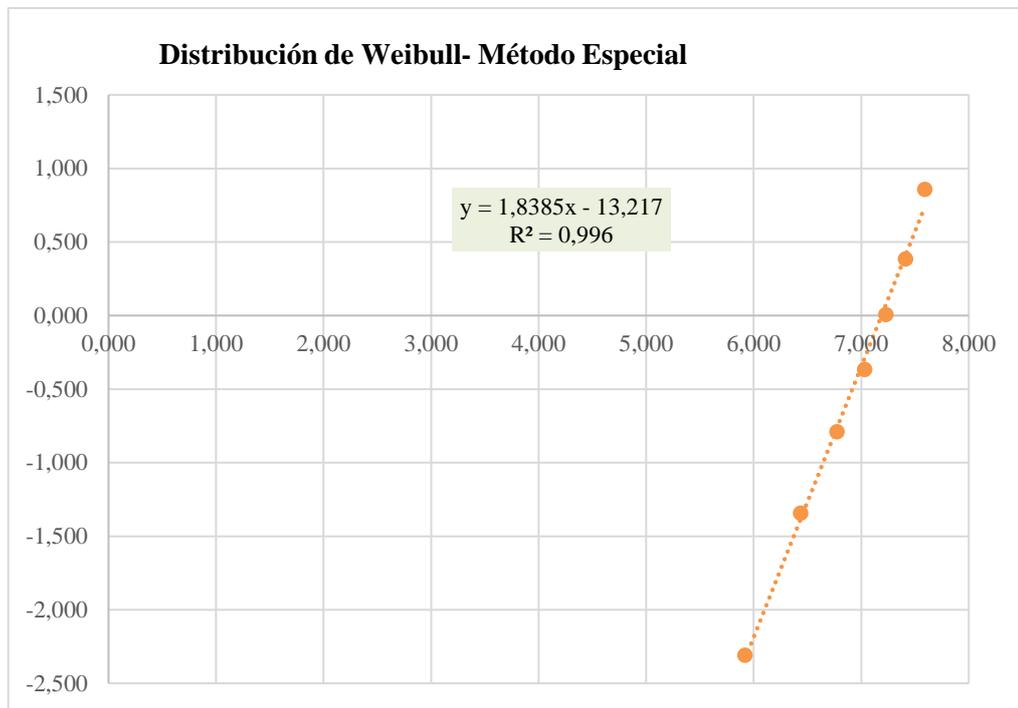


Gráfico 6-3: Método especial - ecuación de la recta.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Para el cálculo del parámetro de escala se utiliza la ecuación (8), presentada a continuación:

$$\alpha = e^{\left(\frac{c}{\beta}\right)} \quad (8)$$

$$\alpha = e^{\left(\frac{13.217}{1.838}\right)}$$

$$\alpha = 1324.748 \text{ Horas}$$

Cálculo del tiempo medio hasta el fallo (MTTF)

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{MTTF} = \alpha * \gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (9)$$

$$\text{MTTF} = 1324.748 * \gamma \left(1 + \frac{1}{1.8385}\right)$$

$$MTTF=1324.748*0.8884$$

$$MTTF=1176.906 \frac{\text{Horas}}{\text{fallos}}$$

La empresa INDUACERO CÍA. LTDA., no cuenta con historial de fallos de las máquinas por lo que se acude a la experiencia del técnico de mantenimiento y a la revisión de manuales técnicos que cuenta la empresa.

Para la comprobación de lo mencionado anteriormente, se revisó la Norma UNE-EN 60300-3-11 “Guía de aplicación - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” lo cual define lo siguiente:

“Si no hay datos de fiabilidad suficientes o no se tiene ningún conocimiento previo sobre otros equipos similares, o si no hay suficiente similitud entre los sistemas previos y los actuales, el intervalo de la tarea solo puede establecerse inicialmente por técnicos expertos que usen su buen criterio y experiencia operativa, conjuntamente con los mejores datos disponibles y con los datos de costes más relevantes”(UNE - EN 60300-3-11, 2013 pág. 30)

3.1.19 *Análisis de costo-beneficio para el modo de fallo*

En el análisis de costo-beneficio se debe conocer la consecuencia del modo de fallo. Para el rodamiento SKF N208 ECP el modo de fallo es “rodamiento agarrotado por mala lubricación”, se lo definió como una consecuencia operacional por crear pérdidas en producción.

Para calcular el costo del mantenimiento preventivo predeterminado y mantenimiento correctivo, se utiliza los parámetros calculados en el análisis de Weibull, como también datos relacionados a la funcionalidad y operación del activo.

Tabla 22-3: Datos de operación del puente grúa.

Parámetros	Valor	Unidad
α	1324.748	Adimensional
β	1.8385	Adimensional
Días a la semana	5	Días/semana
Jornada	8	Horas/día
Tiempo requerido	2080	Horas/año
Materiales y repuestos	80.00	USD
Número de técnicos	2	Adimensional

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Los parámetros alfa y beta fueron hallados con el análisis de Weibull; el puente grúa trabaja 5 días a la semana en una jornada de trabajo de 8 horas, durante 2080 horas laborales al año, la tarea de mantenimiento “cambio de rodamiento” lo realiza dos técnicos de mantenimiento con un costo de 80.00 USD incluido mano de obra, materiales y repuestos.

Cálculo del costo unitario de mantenimiento preventivo predeterminado:

Para el costo del MPP unitario, se procede en primer lugar a calcular el costo de la hora hombre $(C_{h/h})$, con la ecuación (10).

$$(C_{h/h}) = \frac{\text{Salario}}{30.8} \tag{10}$$

$$(C_{h/h}) = \frac{1200 \text{ USD}}{30*8}$$

$$(C_{h/h}) = 4.6 \text{ USD}$$

Con el resultado obtenido se calcula el costo de las horas extras MPP para los dos trabajadores, presentado en la ecuación (11).

$$HE = \frac{(C_{h/h}) * 2 * (\frac{29}{24} + 0.1215) * \text{Horas al día}}{\text{Nº de Técnicos}} \tag{11}$$

$$HE = \frac{4.6 \text{ USD} * 2 * (\frac{29}{24} + 0.1215) * 8}{2}$$

$$HE = 48.94 \text{ USD}$$

Obteniendo el costo de las horas extras MPP se procede al cálculo del costo del MPP unitario, con la ecuación (12).

$$\text{Costo del MPP unitario} = \text{Repuestos y materiales} + \text{costos de las horas extras MPP} \tag{12}$$

$$\text{Costo del MPP unitario} = 80 \text{ USD} + 48.94 \text{ USD}$$

$$\text{Costo del MPP unitario} = 128.94 \text{ USD}$$

Para calcular el costo unitario del mantenimiento correctivo se utiliza la siguiente igualdad.

Costo del MC unitario = Repuestos y materiales

Costo del MC unitario = 80 USD

A continuación, se procede al cálculo del tiempo óptimo de sustitución del rodamiento N208 ECP, utilizando la ecuación del modelo de sustitución a intervalos contantes, presentada en la ecuación (13).

$$C(t_p) = \frac{CMPP_U + CMC_U * H(t_p)}{t_p} \quad (13)$$

De la ecuación (13) se despeja la variable del tiempo de sustitución, igualando la ecuación a cero y procediendo a derivar, al realizar el proceso se obtiene el siguiente modelo matemático.

$$t_p = \alpha * \frac{CMPP_U}{CMC_u * (\beta - 1)}^{\frac{1}{\beta}} \quad (14)$$

Donde:

t_p = tiempo de sustitución.

$CMPP_U$ = costo unitario del mantenimiento preventivo predeterminado.

CMC_U = costo unitario del mantenimiento correctivo.

α = parámetro de escala o de vida característica.

β = parámetro de forma.

Con los datos obtenidos, reemplazamos en la ecuación (14) y calculamos el tiempo óptimo de sustitución.

$$t_p = \alpha * \frac{CMPP_U}{CMC_u * (\beta - 1)}^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t_p = 1324.748 * \left(\frac{198.94}{80 * (1.8385 - 1)} \right)^{\frac{1}{1.8385}} = 1890.15 \text{ horas}$$

El tiempo óptimo de sustitución del rodamiento N208 ECP es cada 1890 horas.

Para saber qué estrategia de mantenimiento se puede aplicar y es económicamente factible para la empresa, se procede a calcular el costo del mantenimiento preventivo predeterminado, costo del mantenimiento basado en la condición y costo de mantenimiento correctivo.

A continuación, se presenta las ecuaciones que permiten determinar los costos de mantenimiento mencionados anteriormente:

- Para el cálculo del costo de mantenimiento preventivo predeterminado por año, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CMPP = CMPP_U * H(t_{\text{año}}) + C_{\text{inspecciones al año}} \quad (15)$$

Donde:

$H(t_{\text{año}}) = \frac{t_{\text{año}}^\beta}{\alpha}$; reemplazamos en la ecuación (15):

$$CMPP = CMPP_U * \frac{t_{\text{año}}^\beta}{\alpha} + C_{\text{inspecciones al año}}$$

Se procede a calcular $H(t_{\text{año}})$, donde $t_{\text{año}}$ es igual al número de horas requeridos para su funcionamiento, se obtiene de la multiplicación de cinco (5) días por ocho (8) horas laborables y por cincuenta y dos (52) semanas año calendario.

$$H(t_{\text{año}}) = \frac{t_{\text{año}}^\beta}{\alpha}$$

$$H(t_{\text{año}}) = \frac{2080^{1.8385}}{1324.748}$$

$$H(t_{\text{año}}) = 2.3 \frac{\text{fallas}}{\text{año}}$$

El valor de la tasa de fallo reemplazamos y procedemos a obtener el resultado del costo de mantenimiento preventivo predeterminado.

$$CMPP = CMPP_U * H(t_{\text{año}})$$

$$CMPP = 128.94 \text{ USD} * 2.3 = 296.50 \text{ USD}$$

Para el costo de mantenimiento basado en la condición por año, se considera que se va a realizar cuatro (4) inspecciones al año con un costo de 80 USD por inspección.

$$CMBC = CMPP_U * H(t_{\text{año}}) + C_{\text{inspecciones al año}}$$

$$CMBC = 128.94 * 2.3 + 320 \text{ USD} = 616.50 \text{ USD}$$

Costo de mantenimiento correctivo por año:

$$CMC = CMC_U * H(t_{\text{año}})$$

$$CMC = 80 \text{ USD} * 2.3 = 184 \text{ USD}$$

En la tabla 23-3., se presenta los resultados de los cálculos realizados para los costos del mantenimiento preventivo predeterminado, mantenimiento basado en la condición y mantenimiento correctivo con los repuestos requeridos para un año.

Tabla 23-3: Costo de la tarea de mantenimiento por año.

Estrategia	Costo unitario (USD)	Horas laborables al año (Horas)	Tasa de fallo (falla/año)	Costo de inspecciones al año (USD)	Costo total (USD)	Repuestos/año
Mantenimiento preventivo predeterminado	128.94	2080	2.3	0	296.50 USD	2
Mantenimiento basado en la condición	128.94	2080	2.3	320	616.50 USD	3
Mantenimiento correctivo	80	2080	2.3	0	184 USD	3

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Una vez que se ha realizado los cálculos se puede determinar que la estrategia económicamente factible es el mantenimiento correctivo frente a los mantenimientos analizados, ya que con un costo de 184 USD es el mantenimiento óptimo. También cabe recalcar que debe existir tres (3) repuestos al año en bodega en este caso rodamientos marca SKF N208 ECP

Tabla 24-3: Hoja de decisión del sistema de la estructura mecánica.

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-AI-PV01			Sistema: Puente grúa VERLINDE			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1
			Área: Acero Inoxidable							Subsistema: Estructura Mecánica			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 1
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas		Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	S	---	---	S	---	---	---	---	---	Análisis por ultrasonido con ABIS-SCAN a la viga principal metálica. Procedimiento para ejecutar la tarea: Contratación externa por servicio de ultrasonido.		52 semanas	Especialista en análisis de ultrasonido	
2	A	1	S	S	---	---	N	S	---	---	---	---	Limpieza e inspección visual de los rieles de rodadura. Procedimiento para ejecutar la tarea Retirar los sedimentos adheridos (polvo, desechos de aves, etc.) al riel de rodadura. Recoger los sedimentos adheridos. Constatar que no exista fisuras en el riel de rodadura.		12 semanas	Técnico de mantenimiento	
3	A	1	S	N	N	S	S	---	---	---	---	---	Análisis por ultrasonido con medidor de espesores a ruedas motrices. Procedimiento para ejecutar la tarea Contratación externa por servicio de ultrasonido.		52 semanas	Especialista en análisis de ultrasonido.	
3	A	2	S	S	---	---	---	S	---	---	---	---	Engrase de los rieles de rodadura. Procedimiento para ejecutar la tarea Retirar los restos de grasa y partículas contaminantes. Recoger la basura de los rieles de rodadura. Aplicar la grasa NLGI 2 sin excesos. Recorrer las ruedas motrices para que la grasa se expanda sobre todo el riel.		26 semanas	Ayudante de mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 25-3: Hoja de decisión del sistema de traslación.

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía Ltda.		Código del sistema: EI-AI-PV01		Sistema: Puente grúa VERLINDE			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1		
			Área: Acero Inoxidable				Subsistema: Traslación			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 3		
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección del cable de alimentación del puente grúa. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar el cable de alimentación del tablero de control. Desacoplar el enchufe de conexión. Sustituir el cable de alimentación. Empalmar el cable con los terminales del conector. Ajustar los tornillos de los terminales. Conectar el cable de alimentación al tablero de control.	52 semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza de las aspas del ventilador. Procedimiento para ejecutar la tarea Destornillar la carcasa del motor. Sopetear con aire comprimido dentro del motor. Atornillar la carcasa del motor	52 semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	3	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Inspección de zapatas del freno del cabezal. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Aflojar los pernos del cabezal. Desanclar las zapatas del cabezal. Sustituir las nuevas zapatas y acoplarlas. Ajustar los pernos del cabezal. Realizar una prueba de frenado.	52 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	4	N	S	---	---	---	S	---	---	---	---	Ajuste de terminales de entrada del contactor. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Ajustar los terminales de entrada del contactor. Energizar el sistema.	4 semanas	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 25-3.)...

HOJA DE DECISIÓN RCM																		
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-AI-PV01			Sistema: Puente grúa VERLINDE			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 2	
			Área: Acero Inoxidable							Subsistema: Traslación			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 3	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas			Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4						
N1	N2	N3																
1	B	1	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio del contactor. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar los cables de entrada y salida del contactor. Sustituir el contactor, ajustarlo con tornillos contra el gabinete. Enrutar los cables. Conectar los cables de potencia de entrada y los contactos auxiliares. Activar el contactor. Conectar los cables de la potencia de salida.			Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	2	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio del temporizador. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar los cables de entrada y salida del temporizador Sustituir el temporizador. Conectar las fases y neutros de cada contacto. Alimentamos el contactor con fase desde el temporizador.			Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	
1	C	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	Limpieza e inspección visual del ventilador. Procedimiento para ejecutar la tarea Destornillar la carcasa del motor. Sopetear con aire comprimido dentro del motor. Atornillar la carcasa del motor			26 semanas	Técnico. de Mantenimiento		
2	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	Revisión y regulación de frenos Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Destornillar y destapar la carcasa del cabezal.			12 semanas	Técnico. de Mantenimiento		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 25-3.)...

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-AI-PV01		Sistema: Puente grúa VERLINDE			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 3		
			Área: Acero Inoxidable				Subsistema: Traslación			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 3		
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
2	A	2	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección del cable del sensor de proximidad. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar el cable del sensor de proximidad. Inspeccionar el cable del sensor de proximidad. Realizar una prueba de continuidad utilizando el óhmetro.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
3	A	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Revisión del estado del sensor de proximidad. Procedimiento para ejecutar la tarea Colocar un obstáculo sobre el riel de rodadura. Con el mando de control generar el movimiento de los cabezales. Verificar si el sensor de proximidad detecta el obstáculo. Realizar por lo menos dos pruebas en cada cabezal. Regresar el sistema a su estado inicial.	12 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
3	A	2	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección del cable del sensor de proximidad. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar el cable del sensor de proximidad. Inspeccionar el cable del sensor de proximidad. Realizar una prueba de continuidad utilizando el óhmetro.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 26-3: Hoja de decisión del sistema de elevación.

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-AI-PV01		Sistema: Puente grúa VERLINDE			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1		
			Área: Acero Inoxidable				Subsistema: Elevación			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 2		
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	S	---	---	N	S	---	---	---	---	Inspección del cable de alimentación Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar el cable de alimentación del tablero de control. Desacoplar el enchufe de conexión. Sustituir el cable de alimentación. Empalmar el cable con los terminales del conector. Ajustar los tornillos de los terminales. Conectar el cable de alimentación al tablero de control.	52 semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N	S	---	---	Limpieza de las aspas del motor. Procedimiento para ejecutar la tarea Destornillar la carcasa del motor. Sopetear con aire comprimido dentro del motor. Atornillar la carcasa del motor	52 semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	3	S	N	---	---	N	N	N	---	N	---	Trabajo hasta el fallo Liberación del par de zapatas agarrotados. Procedimiento para ejecutar la tarea Aflojar los tornillos de la recubierta del polipasto. Retirar la cubierta del polipasto. Desconectar el cable del freno mecánico. Desenroscar la tuerca central de fijación del tambor al cojinete. Retirar el tambor de freno. Desenganchar y liberar los muelles sujetando las zapatas de freno y expulsando los pasadores guías. Aflojar las zapatas del freno de anclaje.		Técnico, de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 26-3.) ...

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-AI-PV01			Sistema: Puente grúa VERLINDE			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 2
			Área: Acero Inoxidable							Subsistema: Elevación			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 2
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas		Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio del rodamiento. Procedimiento para ejecutar la tarea Destapar la tapa delantera del motor eléctrico. Extraer el rodamiento del motor eléctrico utilizando un extractor de dos brazos. Cambiar el rodamiento por otro de las mismas especificaciones. Con unos ligeros golpes introducir el rodamiento en el eje hasta que exista un ajuste. Verificar que el rodamiento gire libremente sin existir trabas. Ensamblar la tapa del motor eléctrico y ajustar los pernos. Verificar que el eje del rotor gire y que no exista rozaduras con la tapa del motor eléctrico.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
1	B	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Recalibrar el final de carrera del cable. Procedimiento para ejecutar la tarea Pulsar el botón de bajar en el mando de control para que el final de carrera llegue a su fin. Identificar al final de carrera que regula la bajada. Pulsamos el botón de subir y antes de que llegue al final de carrera de arriba, cerraremos de poco en poco el límite superior. Girar en sentido anti horario para alargar el final de carrera Realizar la prueba para verificar si se cumplió el objetivo.		12 semanas	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.1.20 Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE) de la roladora CASANOVA

Tabla 27-3: Hoja de información del sistema de estructura mecánica.

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.	Código del activo: EI-AC-RC01	Sistema: Roladora CASANOVA	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 1
		Área: Acero al carbono		Subsistema: Estructura mecánica	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 4
Función	Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla				Consecuencia
1	A	Motor quemado por sobrecargas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El motor no enciende, debido al corto circuito que se produce en el bobinado del rotor por desfases en la red principal. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos humo, olores extraños, temperatura elevada en la carcasa. • Solución: Rebobinado del rotor, con un costo de 150 USD, la reparación se realiza en un taller externo. • Tiempo de parada aproximado: de 24 a 48 horas, provocando la detención de doblaje de planchas de acero de mayor espesor en el área de acero al carbono, no existe pérdida de producción, ya que cuenta con una máquina de reserva. • Probabilidad de ocurrencia: Una vez al año. 	No operacionales			
		Rodillos laterales trabados por contaminación.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Rodillos trabados al existir partículas de polvo y por acumulación de grasa contaminada, no produciendo el giro de los rodillos laterales. • Si existe amenaza a la seguridad: atrapamiento de extremidades superiores al momento que se está liberando la traba. • No existe amenazas al medio ambiente. • Efectos físicos: fricción, elevación de temperatura del motor principal, rotura del eje, fisura en las planchas de acero. • Solución: Liberar los ejes de los rodillos laterales, con un costo de 10 USD, lo realiza un técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 10 a 30 min, provocando la detención de doblaje de planchas de acero de mayor espesor en el área de acero al carbono. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	Seguridad			
		Rotura de una fase de alimentación del cable principal por sobretensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La máquina no enciende por ser insuficiente la energía eléctrica ya que existe una rotura en una de las cuatro fases que alimentan al activo. • Si existe amenaza a la seguridad: quemaduras, fibrilación ventricular e incluso la muerte hacia el operador y trabajadores. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos humo, olores extraños y elevación de temperatura en el cable de alimentación • Solución: Cambio del cable de alimentación, con un costo de 150 USD, el cambio lo realiza un técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, con la detención de doblaje de planchas de acero de mayor espesor en el área de acero al carbono, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Seguridad			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 27-3.) ...

Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencia
	B	Doblar placas de acero a una velocidad de rotación menor a 5 m/min.	1	<p>Deformación de dientes de engranajes por indentación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Pérdida de potencia al no existir un buen acoplamiento entre dientes del engranaje y piñón. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: vibraciones, ruido anormal, desgaste adhesivo entre dientes. • Solución: Rectificado de la pieza, con un costo de 120 USD, con la intervención del técnico de mecanizado. • Tiempo de parada aproximado: de 2 a 4 horas, provocando la detención de doblaje de planchas de acero de mayor espesor en el área de acero al carbono, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	No operacionales.
			2	<p>Rotura de banda por exceso de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Pérdida de potencia en el sistema de transmisión producidas por la sobretensión en las bandas. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: sobrecalentamiento, sobretensión a las bandas restantes, deslizamiento entre banda-polea de las bandas restantes, trabamientos en el sistema de transmisión. • Solución: cambio de la banda, con un costo de 50 USD, el cambio lo realiza un técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 2 a 3 horas, provocando la detención de doblaje de planchas de acero de mayor espesor en el área de acero al carbono, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	No operacionales
	C	Doblar placas de acero con una carga menor a 3750 kN.	1	<p>Baja potencia del motor eléctrico por fuga de voltaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El motor eléctrico presenta bajo rendimiento debido a que el conductor de alimentación no es el correcto. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente • Efectos físicos. Elevación de temperatura en la carcasa. • Solución: cambio del cable de tierra en enchaquetado principal, con un costo de \$20, lo realiza el técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 30 a 60 min, provocando la detención de doblaje de planchas de acero de mayor espesor en el área de acero al carbono, con pérdida de producción de 50 USD. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	No operacionales
			2	<p>Fractura de dientes de engranajes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Pérdida de potencia en el sistema de transmisión disminuyendo la fuerza de doblado. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos fisuras en el diente del engranaje, sobrecalentamiento. • Solución: Cambio del juego de engranajes, con un costo de 150 USD. con la intervención del técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 3 a 5 horas, provocando la detención de doblaje de planchas de acero, con pérdida de producción de 50 USD por hora. • Probabilidad de ocurrencia: Una vez al año. 	Operacionales

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 28-3: Hoja de información del sistema hidráulico.

		EMPRESA: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del activo: EI-AI-PV01	SISTEMA Roladora CASANOVA		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 3	
		Área: Acero al Carbono			SUBSISTEMA Hidráulico		Revisado por. Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 4	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1	Posicionar los rodillos laterales a través de cilindros hidráulicos generando una carga de 3750 kN. entre los rodillos y el material.	A	Incapaz de accionar los cilindros hidráulicos de inclinación (pistones) de los rodillos laterales.	1	Cilindros de inclinación bloqueados por fugas de aceite en conexiones y cañerías.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al operar el activo no es posible elevar o cambiar la posición de los rodillos laterales. • No existe amenaza a la seguridad. • Efectos físicos: degradación de la propia máquina, daños a elementos eléctricos y olores extraños. • Si existe consecuencia al medio ambiente: El derrame de aceite por fugas contamina el medio de manera mínima. • Solución: sustitución de cañerías afectadas, con un costo de 20 USD, la reparación lo realiza un técnico de mantenimiento • Tiempo de parada aproximado: Los tiempos de mantenimiento alcanzan alrededor de (1) día por el complejo acceso, las pérdidas económicas en producción bordean los 75 USD. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año 				Medio ambientales		
				2	Cilindros de inclinación trabados por contaminación en aceite hidráulico.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Cuando los cilindros hidráulicos se encuentran agarrotados, no existe movimiento de estos, y se genera sobrepresión en el mecanismo de movimiento. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: sobrepresión en el sistema hidráulico, fugas de aceite por los sellos mecánicos. • Solución: Reemplazo del cilindro trabado con un costo de 100 USD, la reparación lo realiza un técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: La reparación toma aproximadamente 2 horas, y se lo pude llevar a cabo cuando no exista demanda de utilización. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 				Operacionales		
				3	Rotura de bandas de transmisión del motor principal por desgaste de la base.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al no accionarse la rueda dentada con el piñón no existe transmisión de movimiento de rodillos laterales. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: calor, ruidos anormales, deslizamiento banda-polea, rotura en las bandas restantes. • Solución: Cambio de bandas desgastadas, con un costo por unidad de 35 USD, la reparación lo realiza un técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: Los tiempos que comprende el cambio bordea 2 a 3 , con afectación a la productividad de 50 USD. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 				Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 28-3.) ...

		EMPRESA: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del activo: EI-AI-PV01	SISTEMA Roladora CASANOVA	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 4
		Área: Acero al Carbono			SUBSISTEMA Hidráulico	Revisado por. Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 4
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
		B No genera la suficiente carga entre los rodillos y la placa de acero.		1	Baja presión en el cilindro hidráulico por falta de caudal de aceite.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se puede identificar en los indicadores que se tiene en la estructura si existe bajo nivel de aceite hidráulico. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: Daños en la bomba de aceite. • Solución: llenado de aceite en el sistema hidráulico, con un costo de 15 USD, el encargado es el técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado. La reposición de aceite hidráulico toma alrededor de 30 minutos y se lo debe hacer para cada cilindro de inclinación de los rodillos laterales. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 		Operacionales
				2	Aflojamiento del sello hidráulico por efecto Diésel.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: De llegar a formarse el fallo no puede ser reconocido por el personal de mantenimiento, hasta dañarse el sello. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: fisuras en los cilindros hidráulicos, quemar los sellos. • Solución: Ajuste del sello hidráulico, con un costo de 15 USD, el encargado es el técnico de mantenimiento • Tiempo de parada aproximado: El tiempo que dura la reparación aproximadamente es de 3 horas, y los repuestos para llevarlo a cabo existen deben ser adquiridos bajo pedido. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 		Falla oculta

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 29-3: Hoja de decisión del sistema de la estructura mecánica.

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-AC-RC01		Sistema: Roladora CASANOVA			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1		
			Área: Acero al carbono				Subsistema: Estructura mecánica			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 2		
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección y medición de corrientes en la red principal. Procedimiento para ejecutar la tarea Encender el instrumento de medida. Colocar la perilla en la escala amperimétrica. Medir corrientes fases-neutro Medir corriente entre fases.	52 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	2	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Limpieza y engrase de rodillos. Procedimiento para ejecutar la tarea Retirar los restos de grasa y partículas sólidas (polvo, residuos animales). Con un paño húmedo limpiar el rodillo superior y rodillos laterales. Aplicar la grasa NLGI 2 sin excesos en las uniones, usando una espátula. Manualmente girar los rodillos para que la grasa penetre profundamente en las uniones.	12 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	3	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección del cable de alimentación. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la fuente de alimentación. Desconectar el cable de alimentación del tablero de control. Desacoplar el enchufe de conexión. Sustituir el cable de alimentación. Empalmar el cable con los terminales del conector. Ajustar los tornillos de los terminales. Conectar el cable de alimentación al tablero de control.	52 semanas	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 29-3.) ...

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-AC-RC01				Sistema: Roladora CASANOVA			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 2
			Área: Acero al carbono								Subsistema: Estructura mecánica			Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 2
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas		Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
1	B	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección de la pieza – engranaje. Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la máquina. Aflojar pernos de sujeción de la carcasa. Acceder al compartimiento del sistema de transmisión. Limpiar las partículas sólidas de los engranajes. Comprobar con galgas el espesor de los dientes.		26 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	2	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio de la banda del sistema de transmisión Procedimiento para ejecutar la tarea Desenergizar la máquina. Bloqueo de las poleas. Aflojar el rodillo tensor y sacar la banda. Con la ayuda de una palanca colocar la nueva banda y alinearla. Alinear las poleas entre centros.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	
1	C	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza del ventilador utilizando aire comprimido. Procedimiento para ejecutar la tarea Aflojar los tornillos de la carcasa del motor. Retirar la carcasa del motor. Utilizando aire comprimido soplear todo su interior. Comprobar que el eje del ventilador gire. Colocar la carcasa del motor y ajustar los tornillos.		26 semanas	Ayudante de Mantenimiento	
1	C	2	S	N	N	S	S	---	---	---	---	---	Ensayo con líquidos penetrantes. Procedimiento para ejecutar la tarea Contratista externo para ensayos no destructivos.		52 semanas	Técnico en ensayos no destructivos	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 30-3: Hoja de decisión del sistema hidráulico.

HOJA DE DECISIÓN RCM																		
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-AI-RC01			Sistema: Roladora CASANOVA			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1	
			Área: Acero Inoxidable							Subsistema: Hidráulico			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 2	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas			Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	S	N	N	S	---	---	---	---	Inspección de la línea hidráulica. Procedimiento para ejecutar la tarea Identificar las fugas tanto en tuberías como en conexiones. Drenar el aceite hidráulico del depósito de aceite como de las tuberías en un recipiente. Cambiar las tuberías que contengan fugas y ajustar las conexiones en cada unión. Llenar con aceite hidráulico hasta un nivel indicado. Arrancar la máquina para comprobar sino existen fugas en el circuito.			26 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Filtrado de aceite hidráulico. Procedimiento para ejecutar la tarea Destapar el tapón de los cilindros hidráulicos. Drenar el aceite hidráulico en un recipiente limpio. Pasar el aceite hidráulico por una válvula de derivación. Realizar tres pasadas del aceite hidráulico por la válvula de derivación. Cerrar y ajustar el tapón de drenaje. Rellenar el aceite hidráulico hasta un nivel indicado. Realizar el encendido de la roladora.			52 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de bandas de transmisión desgastadas. Procedimiento para ejecutar la tarea Bloqueo de las poleas. Aflojar el rodillo tensor y sacar la banda. Con la ayuda de una palanca colocar la nueva banda y alinearla. Alinear las poleas entre centros.			Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

(Continuación Tabla 30-3.) ...

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-AI-RC01			Sistema: Roladora CASANOVA			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón			Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 2	
			Área: Acero Inoxidable					Subsistema: Hidráulico			Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021	De: 2	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	B	1	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección del nivel de aceite hidráulico. Procedimiento para ejecutar la tarea Destapar el tapón de entrada del aceite hidráulico. Introducir la bayoneta para medir el nivel de aceite Comprobar el nivel de aceite mediante la merilla.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	2	N	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Purga de aire presente en el cilindro hidráulico. Procedimiento para ejecutar la tarea Colocar el cilindro hidráulico en las mordazas de banco. Con llaves especializadas abrir la tapa principal del cilindro hidráulico. Destapar todos los tapones con el que cuenta el cilindro hidráulico. Mover el pistón hasta el P.M.I manualmente. Esperar un tiempo considerable hasta que salgan los gases que se encuentran dentro de él. Tapar los orificios del cilindro hidráulico y proceder a armar. Se recomienda utilizar el EPP y recoger una pequeña muestra que permita a futuro identificar si el cilindro está sufriendo efecto diésel.	12 semanas	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Las hojas de información y decisión de las máquinas del área de producción faltantes se encuentran en el ANEXO E.

3.1.21 *Plan de mantenimiento para las máquinas del área de producción.*

3.1.21.1 *Portada inicial y panel de navegación del plan de mantenimiento INDUACERO CÍA. LTDA. 2021*

El plan de mantenimiento creado para la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., será manipulado por la gerencia general y por el personal encargado del departamento de mantenimiento, se le ha implementado una ventana de clave de acceso, con el fin de evitar la extracción de información o el ingreso incorrecto de datos, tal y como se muestra en la figura 4-3.



Figura 3-3: Portada del plan de mantenimiento.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

La ventana de clave de acceso está compuesta por el nombre de usuario y la contraseña, con el agregado de un comentario emergente si se llegase a olvidar. Al llenar de forma correcta los datos solicitados, se pulsará el botón ingresar, el cuál desplegará una segunda ventana.

El panel de navegación está compuesto por los siguientes recuadros:

- **Inicio.** – se despliega una ventana, en el cual se puede guardar la información que se introdujo en el plan de mantenimiento.
- **Personal.** – se introduce información respecto a las personas encargadas del departamento de mantenimiento, con su respectiva información personal y cargo.
- **Análisis de criticidad:** le permite al técnico de mantenimiento conocer el estado o la condición en que se encuentra la máquina, atacando de forma inmediata al sistema más crítico.

- **Codificación e inventario.** - se encuentra la estructura de codificación y el inventario total de las máquinas de producción hasta un cuarto nivel.
- **Fichas técnicas y contexto operacional.** – se introduce la información técnica recolectada, con el fin de controlar parámetros de funcionalidad, además se agrega su contexto operacional para conocer en qué estado trabaja y opera el activo.
- **Frecuencia óptima del mantenimiento.** - 20permite encontrar la frecuencia de la tarea de mantenimiento mediante el análisis de Weibull, tomando los datos desde un historial de fallos.
- **Cronograma de mantenimiento.** –se registran todas las tareas y frecuencias de cada máquina que se van a ejecutar en un año, se representa también la carga de trabajo y el número de técnicos necesarios para ejecutar el plan.
- **Logística de mantenimiento.** – incluye los repuestos y materiales como también las herramientas y equipos para ejecutar la tarea.
- **Reportes.** –se da a conocer la información de los costos del plan de mantenimiento, para que la empresa pueda tomar decisiones más eficientes.

3.1.22 *Fichas técnicas para el plan de mantenimiento.*

Dentro del plan de mantenimiento es muy importante implementar las fichas técnicas de los activos, para conocer sus características técnicas dentro de las cuales se destacan los parámetros de codificación, el valor de adquisición, proveedor, planos y manuales.

Las fichas técnicas se desarrollaron con la recolección de información de placas metálicas y manuales de operación revisados en el departamento de mantenimiento, al no constar con toda la información en los manuales, se acudió a buscar en sitios web ingresando la marca y el modelo de las máquinas analizadas.

3.1.22.1 *Ficha técnica del sistema del puente grúa VERLINDE y roladora CASANOVA.*

Para el ingreso de las fichas técnicas del sistema a la base de datos se ha determinado un modelo específico, con el propósito que nos brinde toda la información posible al momento de ejecutar la

tarea de mantenimiento. A continuación, se presenta la tabla 31-3., y la tabla 32-3, el cual nos permite observar campos referentes a los activos.

Tabla 31-3: Ficha técnica del puente grúa VERLINDE.

		INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES						
FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA								
Código:	EI-AI-PV01		IMAGEN 					
Descripción:	Puente grúa VERLINDE							
Centro de costos:	N/A							
Código Vein:	N/A							
Código de Activo:	N/A							
Marca:	VERLINDE							
Modelo:	VT3							
No.Serie:	N/A							
Valor de Adquisición:	\$18.000							
Proveedor:	VERLINDE							
No.Factura o Contrato:	N/A							
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros						
Manuales						Características Técnicas EQ1		
Código	Descripción	Ubicación						
	Mantenimiento	Dpto. de mantenimiento						
	Lubricación	Dpto. de mantenimiento						
	Seguridad	Dpto. de mantenimiento						
	Operación	Dpto. de mantenimiento						
Planos			Características Técnicas EQ2					
Código	Descripción	Ubicación						
	Montaje del Puente grúa	Dpto. de mantenimiento						
Repuestos y Materiales			Características Técnicas EQ2					
Código	Descripción	Ubicación						
	Cable de elevación	Bodega						
	Botonera	Bodega						
			Nombre:	Carro de izaje				
			Longitud de viga principal	30 m				
			Diámetro de tambor	750mm				
			Altura de izaje	12m				

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 32-3: Ficha técnica de la roladora CASANOVA

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES																														
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA																														
Código:	EI-AC-RC01		IMAGEN																												
Descripción:	Roladora CASANOVA																														
Centro de costos:	N/A																														
Código Vein:	N/A																														
Código de Activo:	N/A																														
Marca:	CASANOVA																														
Modelo:	OC-14 2,050X1,8																														
No.Serie:	N/A																														
Valor de Adquisición:	\$42.500																														
Proveedor:	EQUABOILER																														
No.Factura o Contrato:	N/A																														
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros																													
Manuales				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Características Técnicas EQ1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Roladora CASANOVA</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>30 HP</td> </tr> <tr> <td>Tensión de trabajo</td> <td>440 V</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de red</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Tensión de mando</td> <td>24 Vdc</td> </tr> <tr> <td>Peso de la máquina.</td> <td>25400 Kg</td> </tr> <tr> <td>Longitud</td> <td>5.35 m</td> </tr> <tr> <td>Presión acústica</td> <td><60 dB</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Características Técnicas EQ2</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Motor 1</td> </tr> <tr> <td>Tipo</td> <td>FM132MX/4</td> </tr> <tr> <td>Aisl. Cl.</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Nº. de fabricación</td> <td>8066565</td> </tr> </tbody> </table>	Características Técnicas EQ1		Nombre:	Roladora CASANOVA	Potencia	30 HP	Tensión de trabajo	440 V	Frecuencia de red	60 Hz	Tensión de mando	24 Vdc	Peso de la máquina.	25400 Kg	Longitud	5.35 m	Presión acústica	<60 dB	Características Técnicas EQ2		Nombre:	Motor 1	Tipo	FM132MX/4	Aisl. Cl.	B	Nº. de fabricación
Características Técnicas EQ1																															
Nombre:	Roladora CASANOVA																														
Potencia	30 HP																														
Tensión de trabajo	440 V																														
Frecuencia de red	60 Hz																														
Tensión de mando	24 Vdc																														
Peso de la máquina.	25400 Kg																														
Longitud	5.35 m																														
Presión acústica	<60 dB																														
Características Técnicas EQ2																															
Nombre:	Motor 1																														
Tipo	FM132MX/4																														
Aisl. Cl.	B																														
Nº. de fabricación	8066565																														
Código	Descripción	Ubicación																													
	N/A	N/A																													
Planos																															
Código	Descripción	Ubicación																													
	N/A	N/A																													
Repuestos y Materiales																															
Código	Descripción	Ubicación																													
	N/A	N/A																													

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Las fichas técnicas para las máquinas faltantes se encuentran el ANEXO D.

3.1.23 Listado de tareas para el plan de mantenimiento según el RCM

Con el objetivo de mantener al máximo la disponibilidad de los activos, se ejecutarán tareas proactivas y acciones “a falta de” obtenidas en la metodología aplicada .

Para la elaboración del plan de mantenimiento utilizando la metodología del RCM participó el técnico de mantenimiento de la propia empresa, experto conocedor de la operación de cada una de las máquinas.

3.1.23.1 Tareas de mantenimiento para el puente grúa VERLINDE

La tabla 33-3., indica las tareas de mantenimiento para el puente grúa VERLINDE, dando a conocer la frecuencia para cada tarea y el responsable en ejecutarla, tomadas de la hoja de decisión junto con el apoyo de manuales de la máquina.

Tabla 33-3: Tareas de mantenimiento - puente grúa VERLINDE.

	Sistema: Puente grúa VERLINDE	Cód. sistema: EI-AC-PV01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MSE01	Sistema de estructura mecánica.	Análisis por ultrasonido con ABIS-SCAN a la viga principal mecánica.		52 semanas	Especialista en mantenimiento
		Limpieza e inspección visual de los rieles de rodadura.		12 semanas	Técnico de mantenimiento
		Análisis por ultrasonido con medidor de espesores a ruedas motrices.		52 semanas	Especialista en mantenimiento
		Engrase de los rieles de rodadura.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
MST01	Sistema de traslación.	Inspección del cable de alimentación del puente grúa.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Limpieza de las aspas del ventilador.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección de zapatas del freno del cabezal.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Ajuste de terminales de entrada del contactor.		4 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio del contactor.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Cambio del temporizador.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Limpieza e inspección visual del ventilador.		Semestral	Técnico de mantenimiento
		Revisión y regulación de frenos.		12 semanas	Técnico de mantenimiento
		Reparación del cable del sensor de proximidad.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisión del estado del sensor de proximidad.		12 semanas	Técnico de mantenimiento
MSE01	Sistema de elevación.	Inspección del cable de alimentación.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Limpieza de las aspas del ventilador.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Liberación del par de zapatas agarrotados.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio del rodamiento.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Recalibrar el final de carrera del cable.		12 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

La tabla está compuesta por el código del sistema, la actividad que se debe ejecutar junto a su frecuencia y el encargado en realizar la misma.

3.1.23.2 Tareas de mantenimiento para la roladora CASANOVA

La tabla 34-3, hace relación a las tareas de mantenimiento derivadas del análisis RCM, incluyendo tareas básicas como puede ser inspecciones hasta la ejecución de tareas basadas en la condición, incluyendo la frecuencia para cada una de ellas.

Tabla 34-3: Tareas de mantenimiento – Roladora CASANOVA

	Sistema: Roladora CASANOVA	Cód. sistema: EI-AC-RC01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 20/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 21/02/2021	De: 2
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MSE01	Sistema de estructura mecánica.	Inspección y medición de corrientes en la red principal.		52 semanas	Ingeniero mecánico
		Limpieza y engrase de rodillos.		12 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección del cable de alimentación.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Rectificado de la pieza- engranaje.		Sin frecuencia	Técnico de mecanizado
		Cambio de la banda del sistema de transmisión.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Limpieza del ventilador utilizando aire comprimido.		26 semanas	Ayudante de mantenimiento
		Ensayo con líquidos penetrantes a engranajes.		52 semanas	Técnico de ensayos no destructivos
MSH01	Sistema hidráulico.	Inspección visual de fugas en tuberías y conexiones.		12 semanas	Técnico de mantenimiento
		Filtrado de aceite hidráulico.		52 semanas	Ingeniero mecánico
		Cambio de bandas de transmisión desgastadas.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Relleno del nivel de aceite hidráulico.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Retiro de aire presente en el cilindro hidráulico.		12 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Las frecuencias para ejecutar las tareas de mantenimiento, se los realizó en intervalos semanales.

Las tareas de mantenimiento para las máquinas restantes se encuentran en el ANEXO E, resaltando que se implementaron más tareas de acuerdo con el criterio del técnico, con el fin de obtener todas las actividades para cada sistema.

3.1.24 Cronograma del plan de mantenimiento actual

3.1.24.1 Cronograma del plan de mantenimiento del puente grúa VERLINDE.

Tabla 35-3: Cronograma anual del puente grúa VERLINDE

Máquina	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUCERO CÍA. LTDA							SEMANAS (ANUAL)														
	Código	Descripción	Tarea	Duración de la tarea (h)	Frecuencia (Semanas)	Días	Encargado	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
PUENTE GRÚA VERLINDE (EI-AI-PV01)	EI-AI-PV01-MSE01	SISTEMA DE EXSTRUCTURA MECÁNICA	Análisis por ultrasonido con ABIS-SCAN a la viga principal mecánica.	3	52	260	Contratación externa	47														
			Limpieza e inspección visual de los rieles de rodadura.	2	12	60	Técnico de Mantenimiento	1	x													
			Lubricación manual a viga principal y secundarias.	3	12	60	Técnico de Mantenimiento	2		x												
			Análisis por ultrasonido con medidor de espesores a ruedas motrices.	3	52	260	Especialista en análisis de ultrasonido	46														
			Engrase de los rieles de rodadura.	3	26	130	Técnico de Mantenimiento	8										x				
	EI-AI-PV01-MST01	SISTEMA DE TRASLACIÓN	Inspección del cable de alimentación del puente grúa.	2	52	260	Técnico de Mantenimiento	43														
			Limpieza de las aspas del ventilador.	4	52	260	Técnico de Mantenimiento	47														
			Cambio de zapatas del freno del cabezal.	6	52	260	Técnico de Mantenimiento	45														
			Ajuste de terminales de entrada del contactor.	0,5	4	20	Técnico de Mantenimiento	1	x				x						x			
			Cambio del contactor.	1	---	---	Técnico de Mantenimiento	22														
			Cambio del temporizador.	1	---	---	Técnico de Mantenimiento	15														
			Limpieza e inspección visual del ventilador.	1	26	130	Ayudante de Mantenimiento	5							x							
			Revisión y regulación de frenos.	3	12	60	Técnico de Mantenimiento	4						x								
			Reparación del cable del sensor de proximidad.	2	26	130	Técnico de Mantenimiento	10													x	
			Revisión del estado del sensor de proximidad.	1	12	60	Técnico de Mantenimiento	4						x								

(Continúa Tabla 35-3.) ...

	Código	Descripción	Tarea	Duración de la tarea (h)	Frecuencia (Semanas)	Días	Encargado	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
	EI-AI-PV01-MSE01	SISTEMA DE ELEVACIÓN	Inspección del cable de alimentación.	2	52	260	Técnico de Mantenimiento	24														
			Limpieza de las aspas del ventilador.	4	52	260	Contratación externa	18														
			Liberación del par de zapatas agarrotados.	3	26	130	Técnico de Mantenimiento	7								x						
			Cambio del rodamiento.	3	---	---	Técnico de Mantenimiento	20														
			Recalibrar el final de carrera del cable.	2	12	60	Técnico de Mantenimiento	1	x													

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

56

En la tabla 35-3., se puede observar el cronograma de mantenimiento para el puente grúa VERLINDE que está constituido por varios parámetros como son: el nombre de la máquina (código), los sistemas (código) que los componen, las tareas que se obtienen para cada sistema con su respectiva duración representadas en horas, la frecuencia en semanas, el encargado en ejecutar la tarea y el inicio de la semana en la que se empieza a ejecutarla. La semana inicial es una variable que el técnico de mantenimiento maneja mediante la planificación de su propio cronograma, tratando de no recargarse de horas de trabajo a la semana.

Cabe resaltar que el cronograma se lo realizó para cincuenta y dos (52) semanas que contiene un año calendario, por ser una tabla de gran magnitud se incluyó solo las primeras doce semanas, lo demás se lo realizó en el software de Excel, teniendo mayor manejo, manipulación de datos, presentación e ingreso de datos, con el fin de adjuntar a la matriz de mantenimiento.

3.1.24.2 Cronograma del plan de mantenimiento de la roladora CASANOVA

Tabla 36-3: Cronograma anual de la roladora CASANOVA

Máquina	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUACERO CÍA. LTDA								SEMANAS (ANUAL)																
	Código	Descripción	Tarea	Duración de la tarea (h)	Frecuencia (Semanas)	Días	Encargado	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
ROLADORA CASANOVA (EI-AC-RC01)	EI-AC-RC01-MSE01	SISTEMA DE ESTRUCTURA MECÁNICA	Inspección y medición de corrientes en la red principal.	4	52	260	Técnico de Mantenimiento	19																	
			Limpieza y engrase de rodillos.	3	12	60	Técnico de Mantenimiento	3			x														
			Inspección del cable de alimentación.	2	52	260	Técnico de Mantenimiento	42																	
			Limpieza general de la máquina.	0,5	12	60	Operador	2		x															
			Rectificado de la pieza-engranaje.	4	---	---	Técnico de Mantenimiento	23																	
			Cambio de la banda del sistema de transmisión.	3	---	---	Técnico de mantenimiento	41																	
			Limpieza del ventilador utilizando aire comprimido.	0,5	26	130	Ayudante de mantenimiento	6								x									
			Ensayo con líquidos penetrantes a engranajes.	2	52	160	Contratación externa	22																	
	EI-AC-RC01-MSH01	SISTEMA HIDRÁULICO	Inspección visual de fugas en tuberías y conexiones.	2	12	60	Técnico de Mantenimiento.	3			x														
			Filtrado de aceite hidráulico.	2	52	260	Ingeniero Mecánico	42																	
			Cambio de banda de transmisión desgastada.	4	---	---	Técnico de Mantenimiento	17																	
			Relleno del nivel de aceite hidráulico.	0,25	26	130	Técnico de Mantenimiento	11															x		
			Retiro de aire presente en el cilindro hidráulico.	0,25	12	60	Técnico de Mantenimiento	4				x													

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Nota: Para las demás máquinas del área de producción, el cronograma se encuentra dentro del ANEXO H, constituido por doce (12) semanas y en el plan de mantenimiento se lo ha realizado para cincuenta y dos (52) semanas que tiene un año calendario.

3.1.25 *Logística del mantenimiento*

3.1.25.1 *Carga de trabajo*

Una vez que se realizó el cronograma de mantenimiento para las máquinas que se están analizando, se procede a calcular la carga de trabajo, con el fin de no sobrecargar tareas a una sola semana, sino que se las distribuyan equitativamente, tomando en cuenta el tiempo que se necesita para cada ejecución.

En la tabla 37-3, se puede observar el resultado de la suma total de horas de mantenimiento para cada semana, sabiendo cuantos técnicos se necesitan para la ejecución y cumplimiento del cronograma, la finalidad es que no exista acumulación de trabajo para una sola semana; se procede a realizar los siguientes cálculos con los datos que se muestran a continuación:

- **Jornada laboral.** - se obtiene al multiplicar las ocho (8) horas diarias de trabajo por los cinco (5) días laborales, dando un resultado de cuarenta (40) horas a la semana.
- **Efectividad de los técnicos.** - se ha considerado un sesenta por ciento (60%) de efectividad al realizar las tareas de mantenimiento preventivo y el otro cuarenta por ciento (40%) se distribuyen en tiempos de tareas de mantenimiento correctivo y otros cargos que debe desempeñar el trabajador dentro de la empresa.
- **Horas efectivas por semana.** - se obtiene al multiplicar las horas totales de la semana por la efectividad de los técnicos a realizar la tarea.

$$\text{Horas efectivas} = \text{Jornada laboral} * \text{Efectividad de los técnicos}$$

$$\text{Horas efectivas} = 40 \text{ horas} * 0.60$$

$$\text{Horas efectivas} = 24 \text{ horas}$$

Con los datos obtenidos anteriormente, se procede a calcular el número de técnicos necesarios, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{N}^\circ \text{ de técnicos necesarios} = \frac{\text{Máx. de horas por semana}}{\text{Horas efectivas por semana}} \quad (16)$$

El número máximo de horas se obtiene de la tabla 37-3., siendo dieciocho con setenta y cinco (18.75) el número mayor de total de horas por semana.

$$\text{N}^\circ \text{ de técnicos necesarios} = \frac{18.75}{24}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de técnicos necesarios} = 0.78 \approx 1 \text{ técnicos}$$

Con el resultado obtenido de la fórmula del número de técnicos necesarios, se sugiere la contratación de un técnico para cumplir con el plan de mantenimiento desarrollado.

Según (Murray, 2009), la mejor manera de entender una gráfica de control es implementando intervalos de confianza (límite superior e inferior), como se muestra en la Gráfica 6-3., con el fin de mantener mayor control de las variables dentro de un rango establecido; en este caso las horas totales de tareas por semana. (Murray, 2009 pág. 229)

En la tabla 37-3., se presenta los de niveles de confianza, obtenido del libro de “Estadística Schaum- 4ta Edición”, con el fin de encontrar el valor de z.

Tabla 37-3: Niveles de confianza.

Tabla de apoyo al cálculo del tamaño de una muestra por niveles de confianza									
Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745

Fuente: (Murray, 2009)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

El límite de confianza para la confiabilidad será del 95%, lo que significa que 9 de cada 10 veces no existirá problema con los tiempos establecidos para mantenimiento, referente al cálculo de intervalos de confianza para las medias.

Para el cálculo del límite inferior y superior se utilizará la siguiente ecuación.

$$\mu = \bar{X} \pm \frac{z\sigma}{\sqrt{N}} \quad (17)$$

Donde;

\bar{X} = media aritmética.

Z = valor de la curva estándar para la confianza del 95%.

σ = desviación típica o estándar.

Tabla 38-3: Sumatoria de tareas del cronograma de mantenimiento.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Total horas por Semana	18	18	17	16	16	15	16	16	17	15	14	15	18	17	17	16	15	16	17	17	15	15	14	15	18	17
Semanas	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Total horas por Semana	16	17	15	17	16	15	16	14	18	19	19	18	16	16	17	17	17	16	15	17	17	17	19	17	16	16
L.S=18.7	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
L.I=13.8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Para encontrar el total de horas por semana se realizó la suma verticalmente, siendo la semana treinta y seis (36), treinta y siete (37) y cuarenta y nueve (49) las semanas con más horas de trabajo.

66

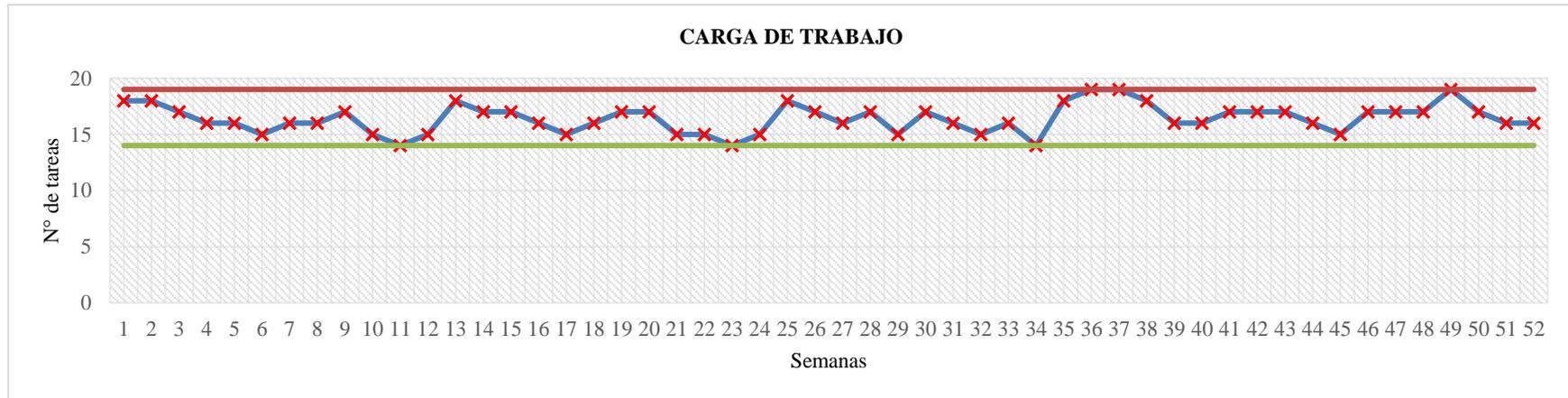


Gráfico 7-3: Gráfica de control - carga de trabajo

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Una vez que se ha graficado los límite superior e inferior como el total de horas por semana, se puede observar que las horas se encuentran dentro de los límites establecidos, por lo que no existe carga de trabajo en ninguna semana, siendo diecinueve (19) el mayor número total de horas y catorce (14) el menor número de horas en cincuenta y dos (52) semanas que contiene un año calendario.

3.1.25.2 Datos de tareas de mantenimiento

Se creó una plantilla con el objetivo de registrar la tarea de mantenimiento y obtener el costo total de la tarea, para el cual se ha registrado dos tareas referentes al puente grúa VERLINDE, en los subsistemas de estructura mecánica y de traslación correspondientemente.

Tabla 39-3: Tarea N°1 de mantenimiento del puente grúa VERLINDE.

	INDUACERO				
	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES				
	DATOS DE TAREA DE MANTENIMIENTO				
CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:	PUENTE GRÚA VERLINDE (EI-AI-PV01)				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA			FRECUENCIA	
001	Engrase de los rieles de rodadura.			26 semanas	
REQUIERE PARADA EL SISTEMA: SI		TIEMPO DE PARADA: 3 horas			
DEPARTAMENTO EJECUTANTE: Mantenimiento					
PROVEEDOR O CONTRATISTA: ----		COSTO TOTAL PROVEEDOR: -----			
MATERIALES					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
HU	Huaipe	2	Lbs.	2 USD	
GD	Guantes desechables	1	und	0.80 USD	
GN	Grasa NLGI 2	250	gr	7.50 USD	
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			CANTIDAD	
PE	Pistola engrasadora			1	
PERSONAL					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HR:MM	COSTO	
AM	Ayudante de mantenimiento	1	09:30	6.25 USD	
INFORMACIÓN					
CÓDIGO	NOMBRE			TIPO	
SM	Silvio Medina			Técnico	
INSTRUCCIONES: Colocarse el arnés y el EPP de forma obligatoria. Subirse por la parte indicada por el técnico de mantenimiento.					
COSTO DE MATERIALES:		10.30 USD			
COSTO DE MANO DE OBRA:		6.25 USD			
COSTO DE CONTRATOS:		0			
COSTO TOTAL:		16.55 USD			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Al realizar la tarea preventiva denominada “engrase de rieles de rodadura” el costo total de la tarea es de 16.55 USD, tomando en cuenta que el sistema requiere parada, como recomendación el trabajador deberá de llevar el EPP puesto y acatar las órdenes impuestas por el encargado del área.

Tabla 40-3: Tarea N°2 de mantenimiento del puente grúa VERLINDE.

	INDUACERO			
	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES			
	DATOS DE TAREA DE MANTENIMIENTO			
CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:	PUENTE GRÚA VERLINDE (EI-AI-PV01)			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA		
002	Inspección del cable de alimentación.	52 semanas		
REQUIERE PARADA EL SISTEMA: SI		TIEMPO DE PARADA: 2 horas		
DEPARTAMENTO EJECUTANTE: Mantenimiento				
PROVEEDOR O CONTRATISTA: ----		COSTO TOTAL PROVEEDOR: -----		
MATERIALES				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
TA	Taípe 3M	1	und	0.75 USD
CE	Cable eléctrico sólido AWG10	10	m	65 USD
GP	Guantes de pupos	1	und	1 USD
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		
CO	Cortafrios	1		
JD	Juego de destornilladores	1		
AB	Abrazaderas	1		
PERSONAL				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HR:MM	COSTO
TM	Técnico de mantenimiento	1	10:00	5.83 USD
INFORMACIÓN				
CÓDIGO	NOMBRE	TIPO		
LG	Tnlgo. Lenin Galarza	Eléctrico		
INSTRUCCIONES: Desconectar la fuente de alimentación. Llevar el EPP.				
COSTO DE MATERIALES:		66.75 USD		
COSTO DE MANO DE OBRA:		5.83 USD		
COSTO DE CONTRATOS:		0		
COSTO TOTAL:		72.58 USD		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Al realizar la tarea preventiva denominada “inspección del cable de alimentación” el costo total de tarea es de 72.58 USD, tomando en cuenta que el sistema requiere parada y debe encontrarse

desenergizado, como recomendación el trabajador deberá de llevar el EPP para evitar accidentes laborables.

A continuación, en la tabla 41-3., se presenta una tarea referente al sistema de estructura mecánica de la roladora CASANOVA, incluyendo el costo total de la tarea.

Tabla 41-3: Tarea N°1 de mantenimiento de la roladora CASANOVA.

	INDUACERO				
	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES				
	DATOS DE TAREA DE MANTENIMIENTO				
CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:	ROLADORA CASANOVA (EI-AC-RC01)				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA			FRECUENCIA	
001	Limpieza y engrase de rodillos.			4 semanas	
REQUIERE PARADA EL SISTEMA: SI		TIEMPO DE PARADA: 3 horas			
DEPARTAMENTO EJECUTANTE: Mantenimiento					
PROVEEDOR O CONTRATISTA: ----		COSTO TOTAL PROVEEDOR: -----			
MATERIALES					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
HU	Huaipe	3	Lbs.	3 USD	
GD	Guantes desechables	1	und	0.80 USD	
GN	Grasa NLGI 2	250	gr	12.50 USD	
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			CANTIDAD	
MP	Manguera y pistola de compresor			1	
PE	Pistola engrasadora			1	
ES	Espátula			2	
PERSONAL					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HR:MM	COSTO	
TM	Técnico de mantenimiento	1	14:00	15 USD	
AM	Ayudante de mantenimiento	1	14:00	15 USD	
INFORMACIÓN					
CÓDIGO	NOMBRE			TIPO	
LG	Tnlgo. Lenin Galarza			Eléctrico	
SM	Silvio Medina			Técnico	
INSTRUCCIONES: Llevar el EPP. Realizar los pistolazos necesarios para no sobrecargar de grasa a los ejes de los rodillos.					
COSTO DE MATERIALES:		16.10 USD			
COSTO DE MANO DE OBRA:		30 USD			
COSTO DE CONTRATOS:		0			
COSTO TOTAL:		46.10 USD			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Al realizar la tarea preventiva denominada “limpieza y engrase de rodillos” el costo total de la tarea es de 46.10 USD, con el sistema en para, lo cual se recomienda consultar el manual de

lubricación para saber cuántos bombazos de grasa se debe realizar en cada rodillo. En la tabla 42-3., se representa la descripción de la tarea referente al sistema hidráulico.

Tabla 42-3: Tarea N°2 de mantenimiento de la roladora CASANOVA.

	INDUACERO			
	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES			
	DATOS DE TAREA DE MANTENIMIENTO			
CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:	ROLADORA CASANOVA (EI-AC-RC01)			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA		
002	Inspección y reajuste de la banda de transmisión.	52 semanas		
REQUIERE PARADA EL SISTEMA: SI		TIEMPO DE PARADA: 4 horas		
DEPARTAMENTO EJECUTANTE: Mantenimiento				
PROVEEDOR O CONTRATISTA: ----		COSTO TOTAL PROVEEDOR: -----		
MATERIALES				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
HU	Huaipe	2	Lbs.	2 USD
GP	Guantes de pupos	2	und	2 USD
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		
LM	Llaves mixtas	4		
JD	Juego de destornilladores	1		
TB	Tensor de banda	1		
PERSONAL				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HR:MM	COSTO
TM	Técnico de mantenimiento	1	09:00	15 USD
AM	Ayudante de mantenimiento	1	09:00	15 USD
INFORMACIÓN				
CÓDIGO	NOMBRE	TIPO		
LG	Tnlgo. Lenin Galarza	Eléctrico		
SM	Silvio Medina	Técnico		
INSTRUCCIONES:				
Llevar el EPP.				
Identificar las posibles fisuras que existan en bandas, para evitar paros de la máquina a futuro.				
COSTO DE MATERIALES:	4 USD			
COSTO DE MANO DE OBRA:	30 USD			
COSTO DE CONTRATOS:	0			
COSTO TOTAL:	34 USD			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Al realizar la tarea preventiva “Inspección y reajuste de la banda de transmisión” el costo total de la tarea es de 34.00 USD.

A continuación, en la tabla 43.-4., se representa de forma general el costo de la tarea de mantenimiento para cada una de las máquinas que se están analizando, abarcando lo que es la mano de obra, los repuestos, los materiales, los equipos y el especialista en ejecutar la tarea con sus respectivos códigos.

3.1.25.3 Repuestos y materiales para ejecutar las tareas de mantenimiento (puente grúa VERLINDE)

Tabla 43-3: Repuestos y materiales para el puente grúa VERLINDE

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA				REPUESTOS / MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E		
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	Nº Personas	Horas hombre total (Horas)	Costo Hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y unidad	Costo unitario USD	Costo total de R&M USD	Descripción H&E	
PUENTE GRÚA VERLINDE (EI-AI-PV01)	EI-AI-PV01-MSE01	SUBSISTEMA DE EXTRUCTURA MECÁNICA	Análisis por ultrasonido con ABIS-SCAN a la viga principal mecánica.	Contratación externa	----	----	----	75	----	----	----	----	----	
			Limpeza e inspección visual de los rieles de rodadura.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Huaipe	2 lb	1	2	Manguera y pistola de compresor	
			Análisis por ultrasonido con medidor de espesores a ruedas motrices.	Contratación externa	----	----	----	75	Guantes de pupos	1 und.	1	1	Bomba de grasa manual	
			Engrase de los rieles de rodadura.	Ayudante de mantenimiento	1	3	2,08	6,25	Guantes desechables	2 und	0.80	1.60	Bomba de grasa manual	
							Grasa NLGI 2	200 gr	0.03	5				
							Huaipe	2 lb	1	2	Pistola Engrasadora			
							Guantes desechables	1 und	0.80	0.80				
							Grasa NLGI 2	300 gr	0.03	7.50				
							Taípe 3M	1 und	0.75	0.75	Cortafíos			
		EI-AI-PV01-MST01	SUBSISTEMA DE TRASLACIÓN	Inspección del cable de alimentación del puente grúa.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Cable eléctrico sólido AWG10	10 m	6.50	65	Juego de destornilladores
	Limpeza de las aspas del ventilador.			Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guantes de pupos	1 und	1	1	Abrazaderas	
	Inspección de zapatas del freno del cabezal.			Técnico de Mantenimiento	2	12	5	60	Huaipe	2 lb	1	2	Manguera y pistola de compresor	
	Ajuste de terminales de entrada del contactor.			Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Huaipe	2 lb	1	2	Destornilladores	
	Cambio del contactor.			Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guante de pupos	2 und	1	2	Llave de cruceta	
									Zapatas de freno	1 und	30	30	Caja de herramientas	
									Guante de pupos	1 und	1	1	Juego de destornilladores	
									Guante de pupos	1 und	1	1	Destornilladores	
							Contactor de 50A	1 und	80	80	Alicate			
							Guante de pupos	1 und	1	1	Juego de destornilladores			
							Temporizador de 220 V	1 und	25	25	Alicate			
						Huaipe	2 lb	1	2	Manguera y pistola de compresor				

(Continúa Tabla 43-3) ...

PUENTE GRÚA VERLINDE (E1-ALPV01)	E1-ALPV01-MSE01	SUBSISTEMA DE ELEVACIÓN	Revisión y regulación de frenos.	Técnico de Mantenimiento	1	3	2,92	8,75	Huaipe	1lb	1	1	Juego de destornilladores							
														Caja de herramientas						
			Reparación del cable del sensor de proximidad.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Huaipe	1 lb	1	1	Cortafrios							
									Guante de pupos	1 und	1	1	Alicate							
									Cable flexible AWG 14	6 m	1.25	7.50	Caja de herramientas							
							Huaipe	1lb	1	1	Juego de destornilladores									
	Revisión del estado del sensor de proximidad.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Huaipe	1lb	1	1	Juego de destornilladores									
	Revisar estado y funcionamiento de los frenos.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guante de pupos	1 und	1	1	Juego de destornilladores									
							Huaipe	1 lb	1	1	Caja de herramientas									
	Verificar nivel de aceite de la caja reductora.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Huaipe	1 lb	1	1	Bayoneta									
													Taípe 3M	1 und	0.75	0.75	Cortafrios			
	Inspección del cable de alimentación.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Cable eléctrico sólido AWG10	6 m	6.50	39	Juego de destornilladores									
																	Alicate			
																	Abrazaderas			
	Limpieza de las aspas del ventilador.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Huaipe	2 lb	1	2	Manguera y pistola de compresor									
Liberación del par de zapatas agarrotadas.	Técnico de Mantenimiento	1	3	2,92	8,75	Huaipe	1 lb	1	1	Cinzel										
																Combo de goma				
																Caja de herramientas				
Cambio del rodamiento.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Huaipe	2 lb	1	2	Extractor de dos brazos										
																Cinzel				
																Caja de herramientas				
																Rodamiento SKF N208 ECP	1 und	1	50	Combo de goma
Recalibrar el final de carrera del cable.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guantes de pupos	1 und	1	1	Juego de destornilladores										

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

La logística presentada en esta sección es solo una muestra tomada desde la matriz de mantenimiento, debido a su extensión solo se realizó un cuadro con el contenido más relevante.

3.1.25.4 Repuestos y materiales para la roladora CASANOVA

Tabla 44-3: Repuestos y materiales para la roladora CASANOVA

PLAN DE MANTENIMIENTO			MANO DE OBRA					REPUESTOS / MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E	
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	N° Personas	Horas hombre total (Horas)	Costo Hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y unidad	Costo unitario USD	Costo total de R&M USD	Descripción H&E
ROLADORA CASANOVA (EJ-AC-RC01)	EI-AC-RC01-MSE01	SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA MECÁNICA	Rebobinado del motor.	Contratación externa	----	----	----	200	----	----	----	----	----
			Limpieza y engrase de rodillos.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Huaipe	2 lb	1	2	Espátula
									Guantes desechables	2 und	0.80	1.60	Manguera y pistola de compresor
									Grasa NLGI 2	500 gr	0.03	12.50	Juego de destornilladores
			Inspección del cable de alimentación.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Taípe 3M	1 und	0.75	0.75	Cortafríos
									Cable eléctrico sólido AWG12	5 m	3.30	16.50	Juego de destornilladores
									Guantes de pupos	1 und	1	1	Alicate
			Limpieza general de la máquina.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Huaipe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor
			Rectificado de la pieza-engranaje.	Técnico de Mecanizado	1	4	2,92	11,67	Guantes de cuero	1 und	2.50	2.50	Juego de destornilladores
									Electrodo 7018 a base de níquel	1 lb	2.25	2.25	Soldadora
													Esmeril
			Cambio de la banda del sistema de transmisión.	Técnico de mantenimiento	2	6	5	30	Guantes de pupos	2 und	1	2	Llaves mixtas
									Banda de transmisión V	1 und	25	25	Tensor de banda
Limpieza del ventilador utilizando aire comprimido.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Huaipe	2 lb	1	2	Juego de destornilladores			
Ensayo con líquidos penetrantes a engranajes.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Huaipe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor			
			Contratación externa	----	----	----	30	----	----	----	----	----	

(Continúa Tabla 44-3) ...

ROLADORA CASANOVA (EL-AC-RC01)	EL-AC-RC01-MSH01	SUBSISTEMA HIDRÁULICO	Inspección visual de fugas en tuberías y conexiones.	Técnico de Mantenimiento.	1	2	2,92	5,83	-----	-----	-----	-----	Caja de herramientas
			Filtrado de aceite hidráulico.	Ingeniero Mecánico	1	2	2,92	5,83	Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Filtradora
													Embudo
													Llave mixta
													Depósito
			Cambio de banda de transmisión desgastada.	Técnico de Mantenimiento	2	8	5	40	Guantes de pupos	2 und	1	2	Llaves mixtas
									Banda de transmisión V	1 und	25	25	Tensor de banda
									Huaipe	2 lb	1	2	Juego de destornilladores
			Relleno del nivel de aceite hidráulico.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Aceite hidráulico	1 lt	2	2	Embudo
									Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Llaves mixtas
Retiro de aire presente en el cilindro hidráulico.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	-----	-----	-----	-----	Llaves mixtas			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

La logística del mantenimiento permite reducir retrasos logísticos como, por ejemplo, falta de personal, la espera de un repuesto, falta de herramientas y equipos, es necesario detallar cada tarea y estimar un presupuesto anual referente al departamento de mantenimiento.

En el ANEXO I se puede observar para las máquinas restantes del área de producción

3.2 Manual técnico de cajas compactadoras

3.2.1 Portada inicial del manual técnico



Figura 4-3: Portada del manual técnico de las cajas compactadoras.

Realizado por: Chuqui, W; Casa, J. 2021

3.2.2 Prólogo del manual técnico

3.2.2.1 Bienvenido

Agradecemos infinitamente la adquisición de nuestro recolector de basura de carga posterior CCB – IAE, y reconocemos su confianza puesta en INDUACERO CÍA. LTDA., una empresa 100% ecuatoriana.

Este equipo ha sido fabricado bajo los más altos estándares de calidad para garantizar al cliente que la caja compactadora cumpla exitosamente su ciclo de vida con un costo mínimo de mantenimiento.

La característica principal de nuestro producto radica en una operación simple y lo más silenciosa posible, lo cual puede ser apreciado desde el primer momento que entra en funcionamiento.

3.2.2.2 *Propósito del manual*

El presente manual técnico brinda información precisa dirigida al personal operativo (conductores, encargados de mantenimiento) y responsables del servicio de recolección que se encuentran inmersos en el manejo de basura a través de equipos industriales con el sistema recolector de carga posterior fabricado completamente por INDUACERO CÍA. LTDA., bajo la calidad y garantía de su unidad de negocio ambiental PROURBE.

El contenido de este manual describe diferentes instrucciones y parámetros de seguridad operación y mantenimiento, por lo cual resulta obligatorio leer y entender todo el instructivo.

¡ATENCIÓN!

El operador del activo debe contar con la capacitación y entrenamiento necesario para operar el vehículo, el hacer caso omiso de las siguientes indicaciones eleva el riesgo de ocasionar accidentes que comprometan su integridad física y hasta ocasionar la muerte.

NOTA

Este manual únicamente se limita a la operación y mantenimiento básico de la caja compactadora de desechos sólidos, éste no incorpora la operación ni mantenimiento y mucho menos tiene responsabilidad alguna sobre el camión chasis del cual es componente la caja compactadora.

3.2.2.3 *Alcance*

Esta guía brinda las pautas necesarias al operador para el uso de la caja compactadora bajo los siguientes enfoques:

- **Seguridad.** Incorpora toda información importante de seguridad.
- **Operación.** Incluye el proceso de control, operación y funcionamiento del equipo en condiciones normales.
- **Mantenimiento.** Incorpora información elemental sobre el mantenimiento del equipo.

3.2.2.4 *Características del equipo*

- **Adaptabilidad.** El diseño y geometría de la caja compactadora permite montarla sobre todos los tipos de chasis.
- **Maniobrabilidad.** La altura del equipo compactador proporciona una óptima movilidad, ideal para rutas de difícil acceso.
- **Hermeticidad.** Su diseño reduce totalmente la emisión de ruido y olores, también previene fugas hacia el exterior.
- **Durabilidad.** Nuestro equipo pasa por un proceso de Sandblasting bajo norma SSPC-SP5 que, en conjunto con materiales de recubrimiento, incrementa la resistencia de su estructura.

3.2.2.5 *Consideraciones generales*

El sistema recolector de carga posterior está diseñado exclusivamente para: cargar, compactar, transportar y descargar desechos sólidos de manera segura y eficiente.

- **Carga**

Este proceso inicia cuando se ingresan los desechos al interior del compartimento a través de la tolva posterior. En ese instante los paneles de compactación y arrastre que empujan y comprimen la basura en la caja no son accionados.

- **Compactación**

El operador da inicio al ciclo activando el panel de arrastre, lo que comprime el contenido y lo desplaza hacia la placa eyectora generando su compactación.

- **Descarga**

Contempla dos etapas: en la primera parte el operador debe liberar y elevar la tolva, y la segunda etapa consta en accionar el panel eyector con lo cual se completa la descarga de los desechos.

3.2.3 *Seguridad*

- Es obligatorio leer y comprender todo el contenido de este manual antes de la primera puesta en marcha, operación y la intervención para ejecutar el mantenimiento de su caja compactadora CCB – IAE.
- INDUACERO CÍA. LTDA., se reserva el derecho para añadir y modificar todas las medidas de seguridad que considere oportunas con el objetivo de brindar un mejor servicio y seguridad a nuestros clientes.
- Asegúrese que el manual se encuentre siempre disponible dentro del vehículo.

3.2.3.1 *Norma general de seguridad*

Queda prohibido rotundamente realizar modificaciones técnicas en la caja compactadora sin una autorización escrita por parte de INDUACERO CÍA. LTDA., cualquier cambio en las características intrínsecas del equipo no aprobado por la empresa puede afectar y comprometer la seguridad.

3.2.3.2 *Normas de seguridad específicas del equipo*

- La caja compactadora ejecuta únicamente la recolección y compactación de desechos sólidos urbanos (basura). Utilizarse en funciones diferentes a aquellas para las cuales ha sido creada puede ocasionar accidentes.
- Durante el proceso de elevación y descenso de la tolva queda prohibido la presencia de personas bajo el área de accionamiento. El operador debe confirmar personalmente su cumplimiento antes de accionar los mandos.
- Queda prohibido ingresar a la tolva de carga cuando la caja compactadora se encuentre en funcionamiento.
- El equipo cuenta con dispositivos de seguridad electrónicos, mecánicos y de otros tipos, con el fin de preservar la seguridad del operador y de las personas que se localizan alrededor del recolector. No se debe sacar ni destruir estos dispositivos.

- Nunca se debe usar las mangueras hidráulicas o los mandos como punto de apoyo o agarre, estos elementos son móviles y no garantizan una sujeción estable. Un mal apoyo en los mandos puede activar accidentalmente el ciclo de compactación.
- El sistema hidráulico maneja altas presiones de hasta (2500 PSI). Las mangueras situadas dentro de un radio de 50cm al operador, cuentan con protecciones para desviar o frenar el chorro de aceite que saldría de una rotura imprevista de la tubería hidráulica.
- Está prohibido el mal uso del panel de expulsión: Nunca accionar el cilindro eyector cuando la tolva no se encuentre elevada.

3.2.3.3 *Normas de seguridad para el mantenimiento*

- Solo personal capacitado y autorizado por INDUACERO CÍA. LTDA., podrá intervenir en el equipo. Es obligatorio que la caja compactadora quede fuera de servicio para ejecutar cualquier acción de mantenimiento, constatando que el motor se apague, y desacoplando la toma de fuerza.
- En casos de ser necesario la utilización de fuentes externas de energía eléctrica o de un proceso de soldadura es primordial siempre desconectar todos los equipos electrónicos.
- No debe realizarse reparaciones con la caja compactadora llena.
- En el manual se indica el tipo de aceite hidráulico con el que la caja compactadora funciona. Por lo que resulta importante utilizar el mismo tipo de aceite para todo el periodo de vida del equipo.
- Es recomendable dejar enfriar el aceite lo necesario antes de ejecutar trabajos de mantenimiento en el sistema hidráulico. No realizarlo eleva el riesgo de ocasionar quemaduras.
- Solo personal autorizado y capacitado con conocimientos técnicos podrá realizar el mantenimiento de los componentes hidráulicos. Para lo cual se debe aliviar la presión de todo el sistema.

- Mientras el circuito hidráulico mantenga la presión de operación, no es posible apretar o aflojar las uniones roscadas u otros componentes del sistema.
- Queda prohibido modificar el ajuste de fábrica de las válvulas e interruptores hidráulicos.
- Las mangueras, uniones y tuberías que presenten daños y afectaciones en su estado deben ser reemplazados de forma rápida. Solo se podrá utilizar repuestos capaces de soportar las presiones de operación para garantizar la seguridad en el proceso.
- Cuando las actividades de mantenimiento requieran el movimiento de uno de los elementos de la caja compactadora, una persona debe permanecer en los mandos de accionamiento conectado de manera visual y acústica con el encargado de la reparación para bloquear cualquier posible activación involuntaria del proceso.
- Al concluir los trabajos de mantenimiento, es necesario llevar a cabo una prueba de funcionamiento de todos los elementos de seguridad y protección del equipo cerciorándose que estos funcionen correctamente.

3.2.4 Operación

3.2.4.1 Distribución de partes externas de la caja compactadora CCB-IAE

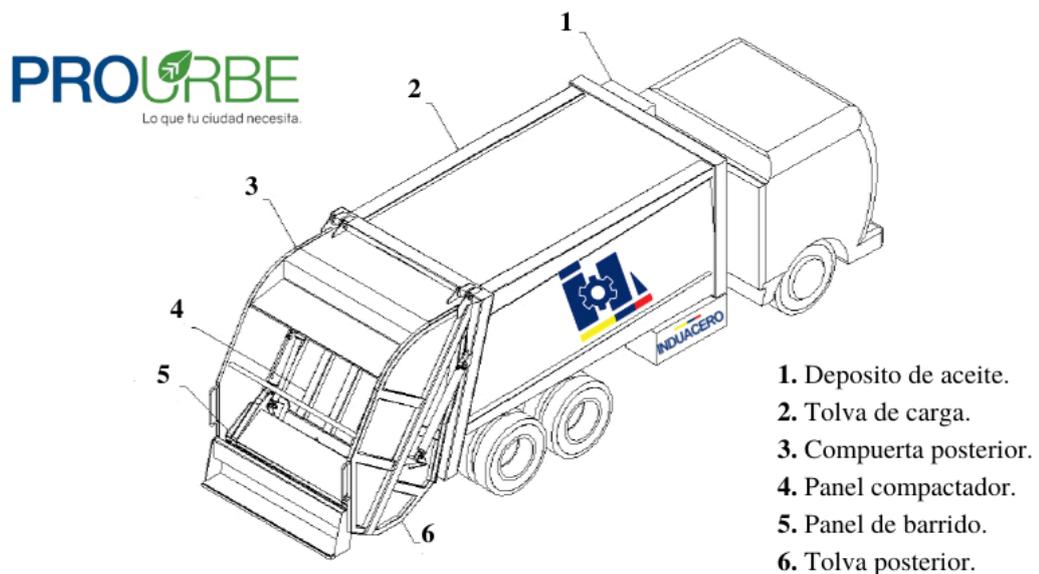


Figura 5-3: Partes externas de la caja compactadora CCB-IAE

Fuente: (INDUACERO, 2021)

INDUACERO CÍA. LTDA., produce una amplia variedad de cajas compactadoras. Las variantes se determinan por los siguientes factores: dimensiones externas y capacidades volumétricas.

Los mecanismos, sistemas de carga y descarga, circuitos eléctricos e hidráulicos, así como también los sistemas de seguridad son los mismos para cada versión.

3.2.4.2 *Inspección antes de la operación*

- Verificar las fugas de aceite que puedan presentarse, notificar al personal de mantenimiento y proceder con su reparación.
- Verificar el nivel de aceite en el depósito, con todos los cilindros del sistema hidráulico recogidos.
- Constatar que todas las señales y luces de alerta funcionen de manera óptima, de presentar problemas, notificar al personal de mantenimiento y proceder con su reparación.
- Verificar que todos los controles y mandos funcionen de manera óptima, de presentar problemas, notificar al personal de mantenimiento y proceder con su reparación.
- Constatar que los componentes que aseguran la tolva como pasadores y pernos torniquete se encuentren correctamente apretados.
- Inspeccionar que el panel de eyección esté libre de residuos, debajo y detrás del panel eyector en el área del cilindro telescópico, la acumulación de materiales extraños impide el recorrido completo del panel de eyección.
- Todas las mañanas al arrancar el quipo, es necesario realizar un ciclo para cada uno de los circuitos hidráulicos, para confirmar que cada ciclo responda correctamente.

3.2.4.3 *Instrumentos y mandos*

Las ilustraciones gráficas que se utilizan en el presente manual representan los controles que accionan el equipo. Existen variaciones dependiendo del modelo de caja compactadora que se adquiera, por lo que los instrumentos y mandos se adaptan de acuerdo con el camión chasis sobre el cual se monta el equipo.

Los mandos o controles hidráulicos se encuentran instalados en dos zonas estratégicas de la caja compactadora: Una en la parte izquierda delantera cercana al depósito de aceite hidráulico, y la otra en la parte derecha trasera de la tolva.

Control de la toma de fuerza (P.T.O. Power Take Off)

El control que acciona la toma de fuerza puede ser instalado en diferentes sitios de la cabina, esto dependerá del tipo de camión chasis sobre el cual se instale la caja compactadora.

Para que la bomba que suministra energía hidráulica en el sistema opere, es necesario que la toma de fuerza esté conectada.

La toma de fuerza se articulará al mecanismo de transmisión mediante el accionamiento de un botón o de una palanca, esto dependerá del tipo de camión chasis sobre el cual se instale la caja compactadora.

El procedimiento para conectar la toma de fuerza se detalla a continuación:

- Presionar el pedal del embrague (clutch).
- Posicionar la palanca de la caja de cambios en neutro “punto muerto”.
- Con el vehículo en ralentí, presionar el embrague y accione el actuador o botón perteneciente a la toma de fuerza (PTO).
- Soltar lentamente el embrague, para que los piñones se acoplen y accionen el toma de fuerza, con lo cual se establecerá el funcionamiento de la bomba hidráulica del sistema.

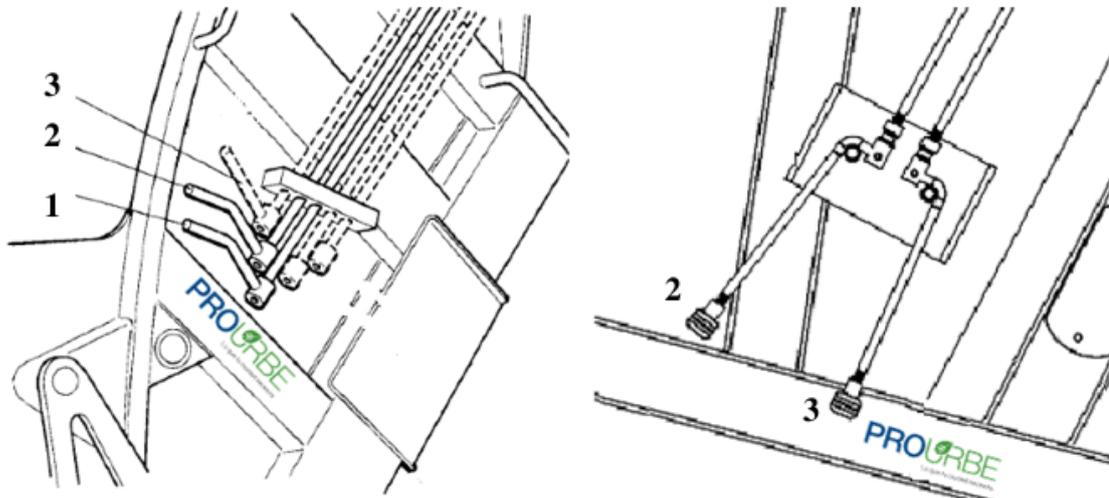
NOTA

Antes de movilizar el vehículo es necesario desactivar el toma de fuerza (PTO), aun tratándose de distancias cortas, esto evita un desgaste prematuro lo que generaría un fallo potencial o funcional del elemento.

Mandos externos traseros

El mando hidráulico trasero consta de (2) o más manijas que se utilizan únicamente para accionar el sistema de compactación y arrastre. El número de palancas dependerá del modelo de caja

compactadora, es decir si cuenta con sistema automático para volteo de contenedores (lifter) o es un recolector de carga posterior.



Núm.	Control	Uso
1	Palanca Lifter	JALE. Para voltear el contenedor hacia arriba.
		EMPUJE. Para bajar el contenedor.
2	Palanca de Barrido	EMPUJE. Para retraer el panel de barrido.
		JALE. Para extender el panel de barrido.
3	Palanca de compactación	EMPUJE. Para retraer el panel de compactación.
		JALE. Para extender el panel de compactación.

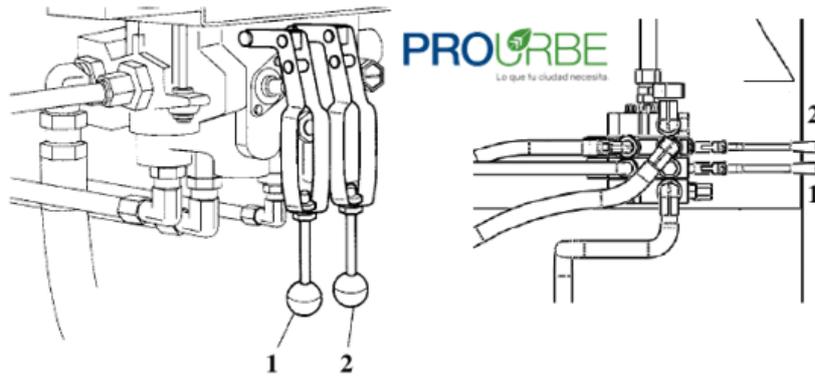
Figura 6-3: Mandos externos traseros

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **Palanca de lifter.** (Sistema automático para volteo de contenedor), se utiliza para elevar y descender el contenedor, volteando los desechos en el interior de la tolva de carga.
- **Palanca de barrido.** Es utilizado en la operación del panel de barrido o arrastre, abriéndolo y cerrándolo en el ciclo de compactación
- **Palanca de compactación.** Es utilizada en la operación del panel compactador.

Mandos externos delanteros

El mando hidráulico frontal consta de dos palancas. que activan los cilindros de la tolva posterior y el cilindro telescópico que desplaza el panel eyector. Estos mandos se encuentran en la parte trasera izquierda de la cabina, en la estructura de la caja compactadora.



Núm.	Control	Uso
1	Palanca del eyector	EMPUJE. Para retraer el cilindro eyector.
		JALE. Para extender el cilindro eyector.
2	Palanca de compuerta de tolva	EMPUJE. Para elevar la compuerta de la tolva.
		JALE. Para bajar la compuerta de la tolva.

Figura 7-3: Mandos externos delanteros.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **Palanca del eyector.** Acciona el movimiento para la expulsión de la basura que se acumula en el interior de la caja compactadora.
- **Palanca de compuerta de la tolva.** Realiza la elevación y descenso de la compuerta de la tolva posterior.

3.2.4.4 Seguros de la compuerta de la tolva

La compuerta de la tolva posterior incorpora dos pernos de cierre tipo torniquete a cada lado, que se usan para mantener la tolva posterior aprisionada a la caja durante su operación, son de cierre manual y se los libera para que la tolva pueda ser elevada.

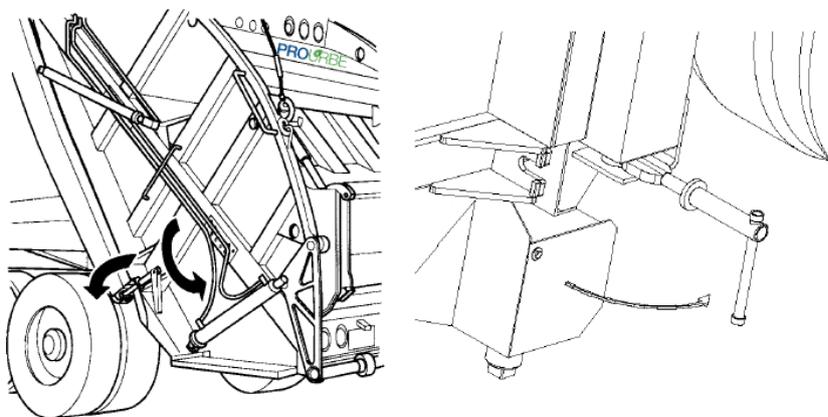


Figura 8-3: Seguros de la compuerta de la tolva.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

¡ATENCIÓN!

Antes de intentar elevar la compuerta de la tolva posterior, es necesario cerciorarse que ambos pernos pasadores de cierre se encuentren totalmente liberados hacia afuera de los ganchos de la caja.

3.2.5 Funciones de control

3.2.5.1 Funciones de barrido o arrastre

Las palancas de los mandos externos traseros permiten la operación manual de panel de barrido, ocasionando que esta placa realice los movimientos (1) y (2).

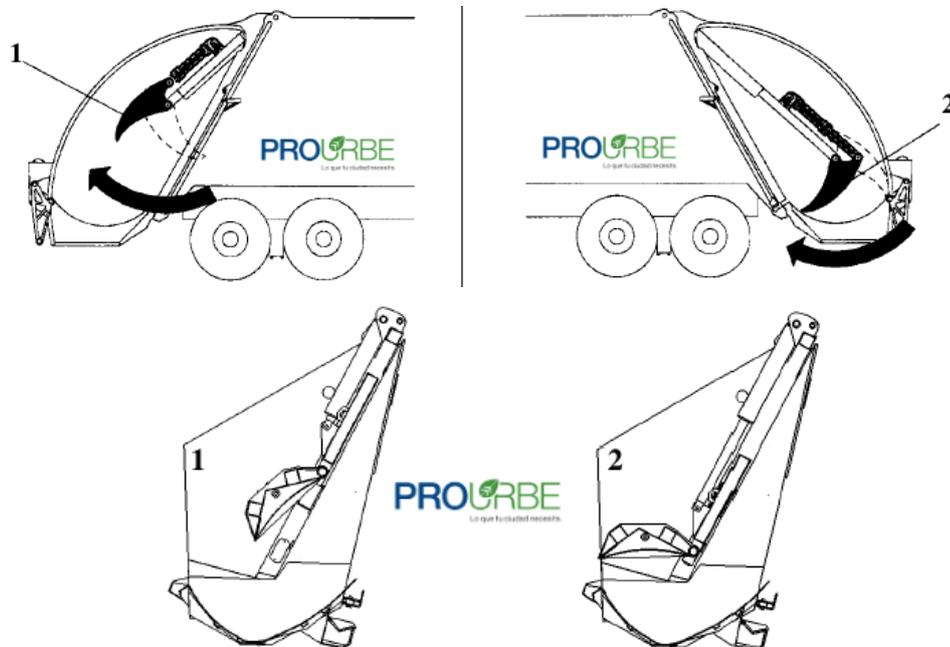


Figura 9-3: Funciones de barrido o arrastre.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **(1) Panel de barrido (retraído) en posición abierta.** Aquí la placa de barrido o arrastre se abre, lo que posibilita el proceso de retraer los objetos que se encuentran en la tolva, quedando lista para ser descendida. La función culmina automáticamente cuando la apertura del panel es completa, y la manija de accionamiento toma su posición central.
- **(2) Panel de barrido (extendido) en posición cerrada.** Aquí la placa de barrido o arrastre se cierra completamente quedando lista para ser ascendida, esto indica el final del ciclo de compactación. La función culmina automáticamente cuando el panel de barrido se cierra y la manija de accionamiento toma su posición central.

¡ATENCIÓN!

Antes de accionar el panel de barrido verifique que la tolva posterior se encuentre libre. El ciclo de compactación puede generar riesgos e involucrar atrapamientos.

NOTA

De suscitarse algún evento adverso recuerde que puede bloquear el panel de barrido en cualquier momento y posición, moviendo las palancas de control a posición central.

3.2.5.2 Función de deslizado

Luego de que la primera mitad del ciclo culmine es necesario invertir el movimiento de las placas de barrido llegando a las posiciones (3) y (4), para cumplir el proceso de compactación.

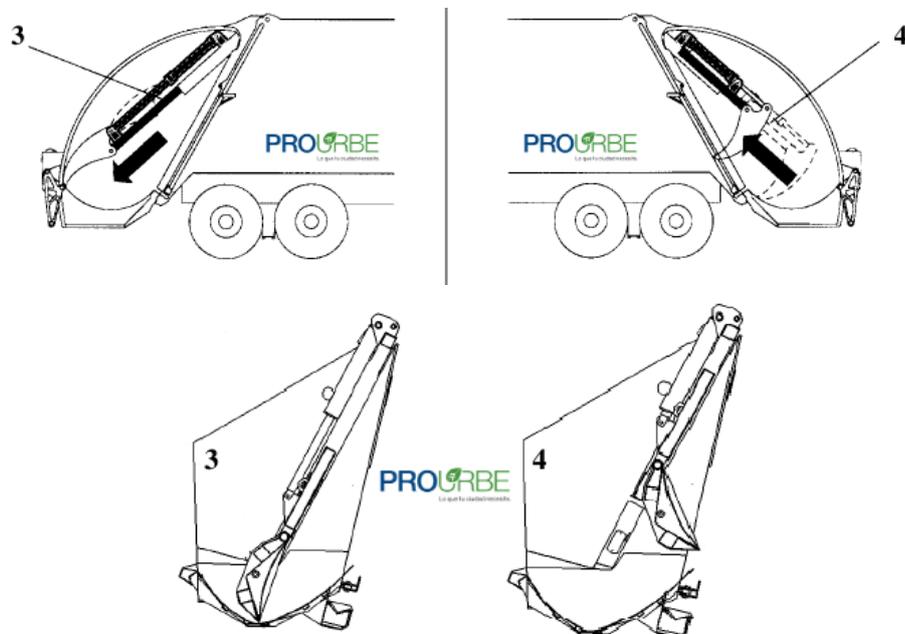


Figura 10-3: Función de deslizado

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **(3) Posición inferior del panel (extendido) de deslizado.** El panel de deslizado desciende hasta posicionarse en la parte baja próxima a la tolva posterior. La función culmina automáticamente cuando el panel se despliega al inferior totalmente y la palanca de control regresa a su punto neutral.
- **(4) Posición levantada del panel (retraído) de deslizado.** El ciclo de compactación se completa con los paneles de barrido y deslizado elevado completamente. La función culmina automáticamente cuando el panel se eleva totalmente y la palanca de control regresa a punto neutral.

¡ATENCIÓN!

Antes de accionar el panel de deslizado verifique que la tolva posterior se encuentre libre. El ciclo de compactación puede generar riesgos e involucrar atrapamientos.

NOTA

De suscitarse algún evento adverso, la parada automática en la mitad del ciclo tiene como fin evitar accidentes.

3.2.5.3 Funciones de la compuerta de la tolva posterior

Los mandos que accionan la elevación o descenso de la tolva posterior se encuentran en la parte delantera de la caja compactadora y cercana al depósito de aceite hidráulico.

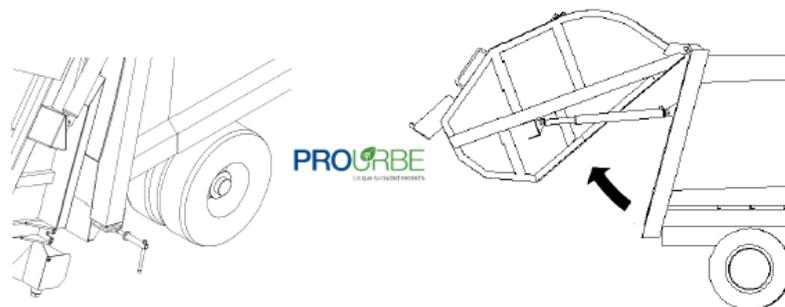


Figura 11-3: Compuerta de la tolva posterior.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **Elevación de la tolva.** Para levantar la compuerta de la tolva posterior, es necesario liberar el par de pernos que lo aprisionan a la caja, y accionar el mando externo delantero, hasta que la tolva alcance el límite de altura
- **Descenso de la tolva.** Para descender la compuerta de la tolva posterior empujar el mando externo delantero hasta que la tolva posterior cierre con la caja completamente. Finalmente, asegurar los pernos antes de empezar el movimiento del vehículo.

¡ATENCIÓN!

Antes de suspender o elevar la tolva posterior es necesario verificar que ninguna persona se ubique sobre el área de accionamiento de ésta.

NOTA

Para prevenir que el vehículo no avance con la tolva posterior elevada, la caja compactadora incorpora una alarma sonora que se activa mientras la tolva este abierta.

3.2.5.4 Funciones del eyector

Para realizar la carga y descarga de los desechos, se debe accionar la manija de la válvula de control del panel eyector.

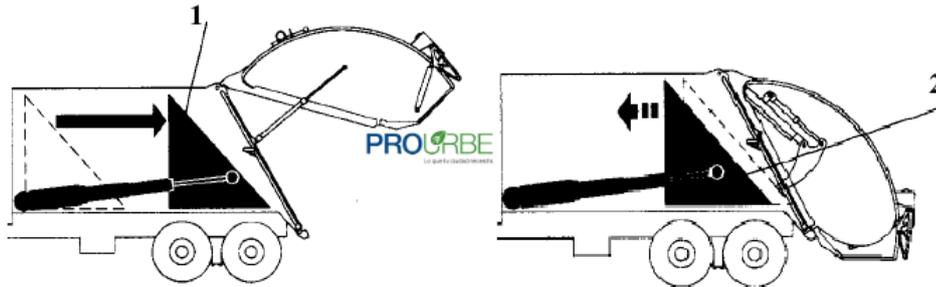


Figura 12-3: Funciones del eyector.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **(1) Descarga.** Se la realiza cuando el cilindro telescópico está extendido completamente.
- **(2) Carga.** Este proceso se lo realiza cuando la placa eyectora se encuentra totalmente retraída.

¡ATENCIÓN!

Antes de movilizar el panel eyector verificar que no existan personas cerca del área de la tolva posterior.

3.2.6 Procedimientos de carga de desechos

3.2.6.1 Recolección manual de basura

El personal encargado de la recolección de desechos en forma manual. ejecutará el siguiente procedimiento tomando en cuenta todas medidas de seguridad.

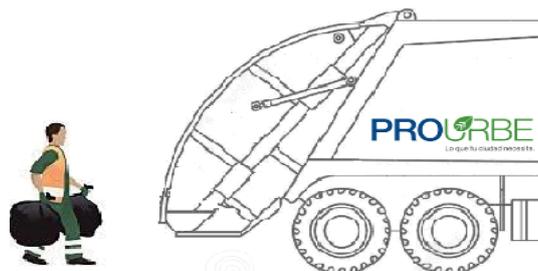


Figura 13-3: Recolección manual de basura.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- Vaciar y colocar todos los desechos en el interior de la tolva posterior.
- Desplazarse al siguiente punto recolección de desechos.
- Cuando la tolva se encuentre llena de desechos, es necesario ejecutar el proceso de compactación.

3.2.6.2 Carga de contenedores móviles con mecanismo lifter

Cuando el equipo tenga incorporado el sistema de volteo para contenedores.

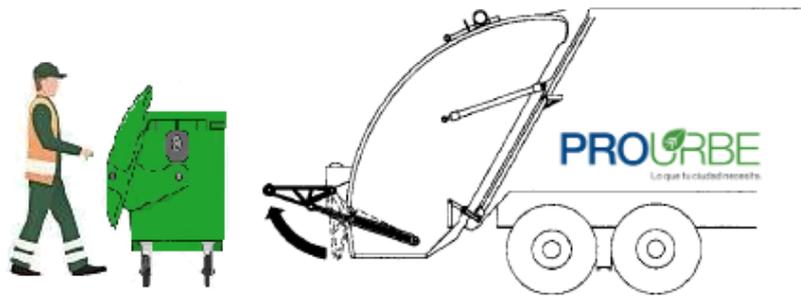


Figura 14-3: Carga de contenedores móviles.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- Colocar el contenedor alineado con los brazos del sistema lifter.
- Incorpore el contenedor a los brazos del sistema lifter.
- Accione el ciclo de volteo del contenedor desde el mando externo trasero con la palanca del lifter.
- Al culminar el vaciado de los desechos del contenedor en la tolva, regresar el contenedor al piso y liberar el mismo.
- Cuando la tolva se encuentre llena de desechos, es necesario ejecutar el proceso de compactación.
- Desplazarse al siguiente punto recolección de desechos.

3.2.7 Procedimiento para el compactado de desechos

Para realizar la compactación de desechos desde la tolva posterior hacia el panel eyector, los paneles de barrido y de deslizado deben llevar las cuatro etapas del ciclo de compactación.

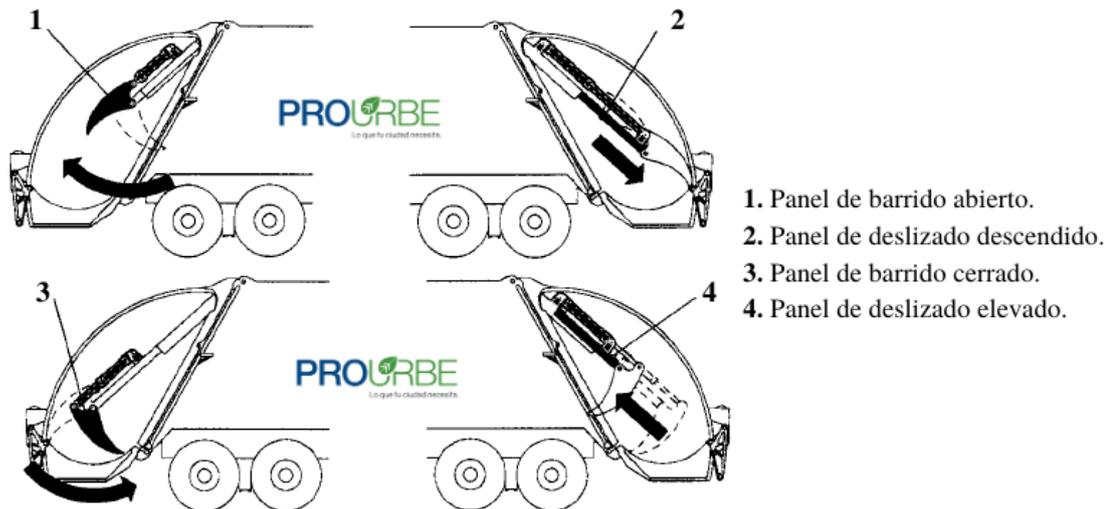


Figura 15-3: Compacto de desechos.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- (1) Retraer el panel de barrido o arrastre.
- (2) Extender el panel de deslizado.
- (3) Cierre el panel de barrido, esto retira los desechos en la tolva y los comprime.
- (4) Eleve el panel de deslizado con la de arrastre cerrada.

Para activar o desactivar las etapas se debe cambiar las posiciones de las palancas de control.

3.2.8 Descarga de los desechos

Luego que la caja compactadora se encuentre completamente llena es necesario realizar el proceso de disposición de los desechos que ésta contiene. El indicador de que la caja está llena será cuando el panel eyector se apoye con la pared delantera de la caja.

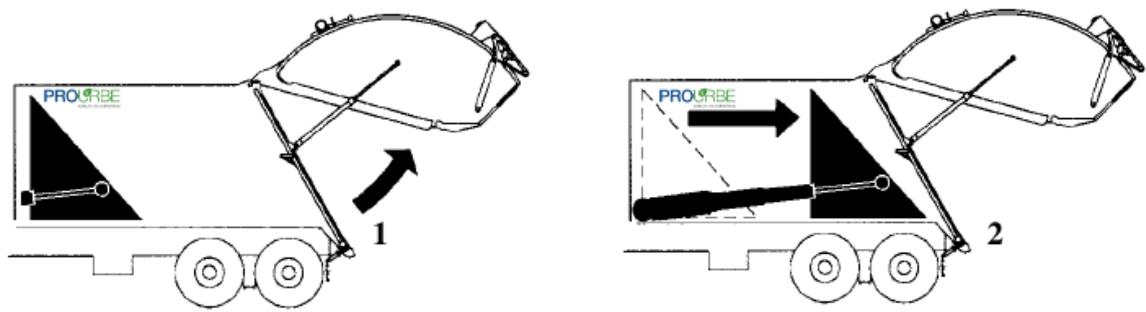


Figura 16-3: Descarga de los desechos.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

- **(1). Compuerta de la tolva elevada.** Para esto se debe liberar los pernos que unen la tolva con la caja, y accionar los mandos externos traseros, hasta que la tolva quede suspendida completamente.

Si se libera solo un perno de sujeción tolva-caja se genera la acumulación de esfuerzo en un solo punto, esto puede dañarlo debido a una sobrecarga.

- **(2) Eyección de residuos.** Accionar los mandos externos delanteros de la placa eyectora para vaciar la carga de la caja. Si durante la descarga siente que el recorrido del cilindro eyector se torna forzado o se demora más de lo habitual, retroceda 50cm aproximadamente el cilindro eyector, luego nuevamente extienda el cilindro telescópico hasta expulsar la totalidad de los residuos.

Finalmente invierta el sentido del mando de control del cilindro telescópico, con esto la placa eyectora retomará su posición inicial, y se podrá realizar un nuevo ciclo.

¡ATENCIÓN!

Al expulsar la carga verificar que en la zona de vaciado no existan objetos o personas detrás del área de expansión del proceso, ya que se podría generar golpes o lesiones de consideración a los mismos.

NOTA:

Conducir el vehículo con el cilindro eyector extendido sin desacoplar la toma de fuerza puede generar el desgaste prematuro de los sellos y de los bujes guías.

3.2.9 *Mantenimiento*

Esta sección del manual enlista instrucciones generales para la ejecución del mantenimiento de las cajas compactadoras CCB – IAE, para realizar cualquier trabajo que amerite la intervención del equipo debe leer las instrucciones mencionadas en el apartado de seguridad.

La caja compactadora está diseñada para que las intervenciones por mantenimiento sean las menos posibles. Para que el periodo de vida útil de los elementos que conforman el equipo sea el provisto, es necesario seguir las instrucciones planteadas, hacer caso omiso de los mismos comprometen la disponibilidad del equipo para desarrollar sus operaciones.

Para realizar inspecciones o trabajos de mantenimiento tenga primero presente que se debe:

- Desacoplar la toma de fuerza (P.T.O).

- Accionar el freno de parqueo.

- Apagar el motor.

- Bloquear las ruedas.

3.2.9.1 *Lavado*

Todas las unidades después de cumplir su jornada diaria de trabajo deben ser lavadas, la acción de limpieza debe ser dirigida a componentes puntuales como: el piso o base de compactación, la base de la tolva posterior, carriles de deslizamiento y las partes posteriores a los paneles de compactación como también de eyección, lugares en los que los desechos llegan a fermentarse debido a su acumulación, generando líquidos corrosivos (lixiviados), que afectan directamente al recubrimiento y la estructura de acero.

El lavado del equipo se lo realizará a través de chorro de agua con media presión, evitando siempre que el agua entre en contacto directo con los componentes eléctricos o electrónicos de la caja compactadora.

3.2.10 Sistema mecánico

3.2.10.1 Estructura

Luego de cada año completo de servicio se recomienda que las cajas compactadoras pasen por un proceso de pintura con el fin de mitigar los efectos de la corrosión por estar en contacto con el lixiviado.

3.2.10.2 Toma de fuerza

- Revisar el apriete de los pernos entre la carcasa del P.T.O., con la caja de transmisión.
- Verificar que no existan fugas de aceite en el empaque del P.T.O., y la caja de transmisión.

3.2.10.3 Bomba

- Al desactivar el P.T.O., consecuentemente se desconectará la operación de la bomba hidráulica, estos deben estar fuera de servicio antes de poner en marcha el vehículo, debido a que un exceso de revoluciones genera presión de ruptura.
- Evitar el ingreso de suciedad dentro del circuito hidráulico durante acciones de mantenimiento.
- Revisar el ajuste y la condición de los componentes como: mangueras, acoples, etc.
- Verificar el nivel de aceite hidráulico en el depósito, de encontrarse por debajo de lo recomendable no activar la bomba, ya que el desgaste y fricción se elevaría entre sus partes.

3.2.10.4 Velocidad de operación

La velocidad de operación en la bomba de engranajes influenciará de manera positiva o negativa.

A baja velocidad los costos y tiempos de operación aumentarían, pero no afectarían a la bomba debido a que el motor no ejerce carga en el proceso.

Si la bomba está expuesta a altas velocidades por un periodo corto de tiempo genera daños considerables en el sistema.

3.2.11 Sistema hidráulico

Las características técnicas de los elementos que constituyen el sistema hidráulico varían dependiendo directamente de la dimensión, capacidad y versión de la caja compactadora adquirida, algunos de estos elementos se muestran en la tabla 45-3.

Tabla 45-3: Elementos del sistema hidráulico.

Elementos		CCB – IAE – 20Y
Capacidad del tanque de aceite		40 galones (145 litros)
Presión del sistema		175 bar (2.500 PSI)
Filtro	Succión	125µm
	Retorno	25 µm
	Aire	10 µm
Bomba hidráulica		Engranajes de desplazamiento positivo

Fuente: (INDUACERO, 2021)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.2.11.1 Depósito de aceite

La capacidad del tanque de aceite hidráulico es de 40 galones, esto depende del modelo e incorpora un visor de nivel en la parte lateral del depósito.

- Inspeccionar el nivel de aceite en el depósito antes de comenzar la jornada diaria de trabajo.
- La reposición de aceite hidráulico en el depósito se lo realizará con todos los cilindros replegados, y teniendo en cuenta que se debe cumplir con el nivel mínimo marcador en el visor.
- El lavado interno del depósito debe realizarse al menos una vez por año, con el fin de eliminar sedimentos que se asientan en el tanque.

3.2.11.2 Aceite hidráulico

La principal función que debe cumplir el aceite hidráulico es la transmisión de potencia dentro del circuito principal de la caja compactadora, éste debe contener aditamentos capaces de combatir el desgaste y la formación de espuma en el recorrido del circuito.

Se recomienda el uso de aceite hidráulico RANDO HD 68, con una viscosidad a 40°C = 68cSt, o alguno de los equivalentes siguientes.

Tabla 46-3: Aceites hidráulicos recomendados.

Fabricante	Temperatura superior a los 10 °C
Shell	Tellus S2 V 68
Mobil	DTE 20
Castrol	Hyspin 100

Fuente: (INDUACERO, 2021)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

- Es recomendable realizar el primer cambio de aceite hidráulico cuando se alcance las primeras 120 horas de funcionamiento ya que es el periodo en donde el activo se acopla a su etapa de operación.
- Luego del primer cambio de aceite, la frecuencia de reemplazo para el aceite hidráulico se establece en un intervalo de 6 meses o en 1400 horas de operación de acuerdo con lo que ocurre primero.
- Asegurarse antes del reemplazo que el aceite cumpla con todas las especificaciones, y evite la mezcla de diferentes fabricantes o tipos.

El proceso de filtrado del aceite con filtrador externo se recomienda realizar cada 300 horas.

3.2.11.3 *Filtros*

Filtro de succión (1 ¼ NTP) 125 µm. - Instalado dentro del depósito de aceite, bloquea la succión de impurezas y evita su ingreso al sistema.

Recomendado: SUS – P – 088 – N20F – 195 STAUFF.

- Realizar la primera revisión y limpieza del filtro a las 120 horas en conjunto con el primer cambio de aceite hidráulico.
- Para asegurar el correcto filtrado del aceite en el sistema, el cambio del filtro de succión deberá ejecutarse en conjunto con el cambio de aceite del sistema.

Filtro de retorno, 25 µm.- Instalado en la parte externa del tanque en la línea principal, encargado de contener impurezas del interior del depósito y las retira del circuito.

Recomendado: RTF 48 G25B STAUFF.

- Realizar la primera revisión y reemplazo del filtro a las 120 horas en conjunto con el primer cambio de aceite hidráulico.
- Para asegurar el correcto filtrado del aceite en el sistema, el cambio del filtro de retorno deberá ejecutarse en conjunto con el cambio de aceite del sistema.

Filtro de venteo o aire, 10 μm .- Se encuentra instalado sobre el tanque de aceite, incorpora un respiradero para compensar la expansión y contracción del aceite, también combate la humedad presente en el aire.

Recomendado: SMBB80 STAUFF.

3.2.11.4 *Cilindros*

La caja compactadora está constituida por siete cilindros, (1) eyector, (2) de compactación, (2) de arrastre, y (2) que elevan la tolva posterior.

- Verificar la fijación de los pasadores, las articulaciones deben ser lubricadas una vez por semana o cada 40 horas. Recomendado: grasa Kendall 1-427 súper blue NLGI 2.
- Revisar una vez por semana el desgaste (ralladuras o hendiduras) de los vástagos, al presentarse defectos en estos, lijar o pulir su superficie.
- Si hay presencia de fugas por goteo anormales de aceite desde los sellos hacia el vástago de los cilindros, ejecutar el cambio de los sellos.

La frecuencia para el cambio de los sellos en los cilindros hidráulicos son las siguientes:

Tabla 47-3: Frecuencias de cambio para cilindros hidráulicos.

# de cilindros	Cilindros	Horas
1	Eyector (telescopico) (5) etapas	4200
2	Compactación (doble efecto) (4" x 2 1/2" x 32")	2800
2	Arrastre (doble efecto) (4" x 2 1/2" x 20")	2800
2	Levanta tolva (3 1/2" x 2" x 40")	4200

Fuente: (INDUACERO, 2021)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

El adecuado ajuste de los anillos y cambio de los sellos en los tiempos establecidos evita el reemplazo de las camisas y vástagos.

Si los cilindros están configurados para que trabajen en paralelo se debe ejecutar el cambio de manera simultánea de los dos cilindros.

3.2.11.5 *Panel eyector y guías de rodadura*

En el proceso de descarga de los desechos, la placa eyectora se desliza realizando su recorrido y retorno a través de estas guías.

- Retirar la acumulación de basura en los rieles y lubrique toda la longitud de las guías de rodadura del panel eyector cada 40 horas de operación o una vez por semana.

Recomendado: grasa Kendall 1-427 súper blue NLGI 2, aplicación con brocha.

3.2.11.6 *Inspecciones*

Para reforzar el alcance del mantenimiento es necesario realizar chequeos dirigidos y periódicos a los elementos de la caja compactadora.

- Revisar el ajuste de los pernos de montaje, platinas de sujeción y de la viga de apoyo entre la caja compactadora y chasis, semanalmente o cada 40 horas de operación.
- Verificar la fijación del P.T.O., a la caja de transmisión y el ajuste de los pernos del soporte de la bomba hidráulica.
- Las conexiones eléctricas del sistema de iluminación (direccionales, freno, reversa y luces rotativas) deben revisarse buscando cables sueltos antes de iniciar cada jornada de trabajo.

3.2.11.7 *Lubricación*

A continuación, se muestran los puntos en donde se recomienda realizar engrase de manera rutinaria.



Punto de lubricación.	Elemento	Elemento para engrase
1	Cilindro eyector.	(1) Grasero
2	Riel de la placa de eyección.	Superficie del riel
3	Cilindro de barrido.	(1) Grasero por cilindro
4	Articulación de la placa de arrastre.	(1) Grasero por cilindro
5	Riel de la placa compactadora.	Superficie del riel

La lubricación en los puntos indicados debe realizarse cada 40 horas o una vez por semana de operación, para los puntos que tienen graseros es necesario la utilización de una pistola manual de grasa, y para las superficies de las guías la utilización de una brocha. Recomendado: Grasa Kendall 1-427 súper blue NLGI 2.

Figura 17-3: Puntos de lubricación.

Fuente: (INDUACERO, 2021)

3.2.6 Programa de mantenimiento preventivo

INDUACERO CÍA. LTDA., entregará el respectivo cronograma de mantenimiento preventivo en conjunto con el manual de operación en formato digital (correo electrónico), para garantizar el trabajo eficiente del equipo y una copia física (de ser solicitada).

INDUACERO CÍA LTDA., brinda servicio de mantenimiento correctivo y preventivo en campo, por medio de vehículo taller de propiedad de la empresa, con técnicos calificados y con experiencia.

A continuación, se muestra el programa de mantenimiento para la caja compactadora CCB – IAE, el cual contiene las actividades de mantenimiento que se debe realizar durante los dos primeros años de operación o en su efecto cuando el equipo alcance las 5600 horas de funcionamiento.

Tabla 48-3: Programa de mantenimiento preventivo para cajas compactadoras (Hoja 1)

		INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES																				
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAJAS COMPACTADORAS DE BASURA CCB - IAE																				
Sistemas de la Caja Compactadora		LAS FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO SE HACEN EN REFERENCIA AL HORÓMETRO DEL VEHÍCULO															Hoja 1 de 3					
CCB - IAE	Actividades	Ajustar				Cambiar				Inspeccionar				Lubricar				Realizar				
		Calibrar				Recargar				Comprobar Medir				Limpiar								
	Horas de operación	8	40	120	620	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800	3080	3360	3640	3920	4200	4480	4760	5040	5320	5600
MECÁNICO Y ESTRUCTURA	Revisar el manual técnico, especialmente la sección de lubricación.		R	Cada semana de operación																		
	Lavado interno y externo.	L	Cada día después de la jornada de trabajo																			
	Corrosión en cuerpo, tolva, paneles de barrido, compactación y eyección.						I					I					I					I
	Pernos y platinas de montaje y fijación caja – chasis.		A	Cada semana de operación																		
	Desgaste en las guías del eyector y compactador.						I					I					I					I
	Pintar o retocar la estructura.											R	Cada año de operación									
	Pernos de la tolva posterior que la aseguran a la caja.		I	Cada semana de operación																		
	Goma de sello de la tolva, inspeccionar, cambiar de ser necesario		R	Cada semana de operación																		
	Seguros o pasadores que sujetan los cilindros.						C					C					C					C
Fugas en depósito para lixiviados.		I	Cada semana de operación																			
ELÉCTRICO	Sistema de luces del compactador.	I	Cada día antes de empezar la jornada de trabajo																			
	Cableado eléctrico.																					I
	Verificar el funcionamiento de la alarma de apertura de la tolva		I	Cada semana de operación																		
Hidráulico																						
Aceite hidráulico	Nivel de aceite	I	Cada semana de operación																			
	Filtrado de aceite hidráulico				L		L		L		L		L		L		L		L		L	
	Primer cambio de aceite hidráulico		C																			
	Siguientes cambios de aceite hidráulico						C					C					C					C

Fuente: (INDUACERO, 2021)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 49-3: Programa de mantenimiento preventivo para cajas compactadoras (Hoja 2)

		INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES														 Lo que tu ciudad necesita.									
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAJAS COMPACTADORAS DE BASURA CCB - IAE																							
LAS FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO SE HACEN EN REFERENCIA AL HORÓMETRO DEL VEHÍCULO																				Hoja 2 de 3					
Sección de la Caja Compactadora CCB - IAE	Actividades Horas de operación	A Ajustar Calibrar				C Cambiar Recargar				I Inspeccionar Comprobar Medir				L Lubricar Limpiar				R Realizar							
		8	40	120	620	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800	3080	3360	3640	3920	4200	4480	4760	5040	5320	5600			
Hidráulico																									
Filtros	Retorno (primer y segundo cambio).				C	C																			
	Retorno (siguientes cambios).							C								C				C					
	Succión.				L																				
	Sección (siguientes cambios).							C									C			C					
	Aire.																C				C				
Depósito de aceite	Nivel en visor, pérdidas, fijación.				I																				
	Limpeza completa del tanque.																R			R					
	Sello de la tapa.							C									C			C					
Cilindros																									
Arrastre	Pérdidas, seguros, bujes, vástagos, pasadores.				I																				
	Lubricar pasadores.				L																				
	Sellos.																C			C					
Compactación	Pérdidas, seguros, bujes, vástagos, pasadores.				I																				
	Lubricar pasadores.				L																				
	Sellos.																C			C					
Eyección	Pérdidas, seguros, bujes, vástagos, pasadores.				I																				
	Lubricar pasadores.				L																				
	Sellos.																		C						
Elevación tolva posterior	Pérdidas, seguros, bujes, vástagos, pasadores.				I																				
	Lubricar pasadores.				L																				
	Sellos.																		C						
MANDOS EXTERNOS																									
Delantero	Pérdidas, estado de palancas, sellos.				I																				
	Sellos.																		C						
Trasero	Pérdidas, estado de palancas, sellos.				I																				
	Sellos.																		C						

Fuente: (INDUACERO, 2021)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tabla 50-3: Programa de mantenimiento preventivo para cajas compactadoras (Hoja 3)

		INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES																					
		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CAJAS COMPACTADORAS DE BASURA CCB - IAE																					
LAS FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO SE HACEN EN REFERENCIA AL HORÓMETRO DEL VEHÍCULO																		Hoja 3 de 3					
Sección de la Caja Compactadora	Actividades	A				C				I				L				R					
		Calibrar				Recargar				Comprobar Medir				Limpiar				Realizar					
CCB - IAE	Horas de operación	8	40	120	620	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800	3080	3360	3640	3920	4200	4480	4760	5040	5320	5600	
Toma de fuerza																							
P.T.O - BOMBA	Verificar perdidas, ajuste de pernos, fijación bomba-P.T.O.-caja.																						
	Unión estriada P.T.O. – bomba.																						
	Liberar bomba, verificar desgaste, cambiar piezas desgastadas.																						
Mangueras de aporte																							
Succión	Verificar el estado y buscar perdidas.																						
	Manguera y abrazadera.																						
Presión	Verificar el estado y buscar perdidas.																						
	Manguera.																						
Mangueras de compensación																							
Cilindro de eyección	Revisar, de ser necesario ejecutar el cambio.																						
Cilindro de arrastre	Revisar, de ser necesario ejecutar el cambio.																						
Cilindro de compactación	Revisar, de ser necesario ejecutar el cambio.																						
Cilindro de levantamiento tolva	Revisar, de ser necesario ejecutar el cambio.																						
Sistema hidráulico	Inspeccionar y calibrar.																						
Demás mangueras	Fugas hidráulicas.																						
TIEMPOS DE OPERACIÓN																							
Barrido	Recorrido en 14 segundos ± 3 segundos.																						
Compactación	Recorrido en 14 segundos ± 3 segundos.																						
Eyección	Recorrido en 40 segundos ± 3 segundos.																						

Fuente: (INDUACERO, 2021)

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.3 Capacitación

La capacitación se la llevo a cabo el día 25 de marzo de 2021, en las instalaciones de la empresa INDUACERO CÍA LTDA., tomando como referencia el análisis de la situación actual del departamento de mantenimiento.

3.3.1 Generalidades

Mediante la capacitación se dio a conocer el trabajo de integración curricular desarrollado con datos que se obtuvieron de la empresa. La tabla 51-3., representa las generalidades para realizar la capacitación.

Tabla 51-3: Generalidades de la capacitación

Dependencia	INDUACERO CÍA LTDA.
Dirigido a	Gerente general. Personal del departamento de mantenimiento. Personal administrativo y de operaciones.
Tema	Capacitación sobre el trabajo de Integración Curricular.
Duración	60 minutos.
Responsables	Jhonny Casa Wellington Chuqui

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.3.2 Objetivo de la capacitación

- Capacitar al personal técnico del departamento de mantenimiento.
- Presentar a gerencia el trabajo de integración curricular realizado en la empresa.

Tabla 52-3: Temas de capacitación

Tema:	Duración (minutos)
Introducción al mantenimiento	15
Metodología del RCM	15
Plan de mantenimiento	20
Manuales técnicos CCB -IAE	10

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

3.3.3 Modalidad

La modalidad aplicada en la capacitación fue de tipo: exposición técnica, con el fin de que la comunicación sea dirigida y eficaz.

3.3.3.1 *Recursos*

- Capacitadores.
- Asistentes.
- Computador portátil.
- Proyector.
- Presentación digital.

3.3.3.2 *Asistencia del personal de mantenimiento y certificado de conformidad*

Nombre	Cédula
Tnlg. Lenin Galarza	050337615-4
Sr. Silvio Medina.	180262579-6

En el ANEXO J se presenta el certificado de conformidad remitido a la dirección de carrera firmado por el Gerente general Ing. Javier Estrella de INDUACERO CÍA. LTDA.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 *Análisis de criticidad (CTR)*

Al aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la elaboración del plan de mantenimiento a las máquinas de producción de la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., se realizó el análisis de criticidad bajo el método semicuantitativo (CTR), estableciendo que las máquinas de mayor criticidad son el puente grúa VERLINDE y la plegadora HACO con un valor de criticidad de setenta y dos (72) y cincuenta y seis (56), encontrándose en una categoría de muy crítico.

A continuación, en la gráfica 1-5., se representa el análisis de criticidad para las máquinas del área de producción, en donde:

- El color rojo es muy crítico.
- El color amarillo es crítico.
- El color anaranjado es semicritico.
- El color verde es no crítico.

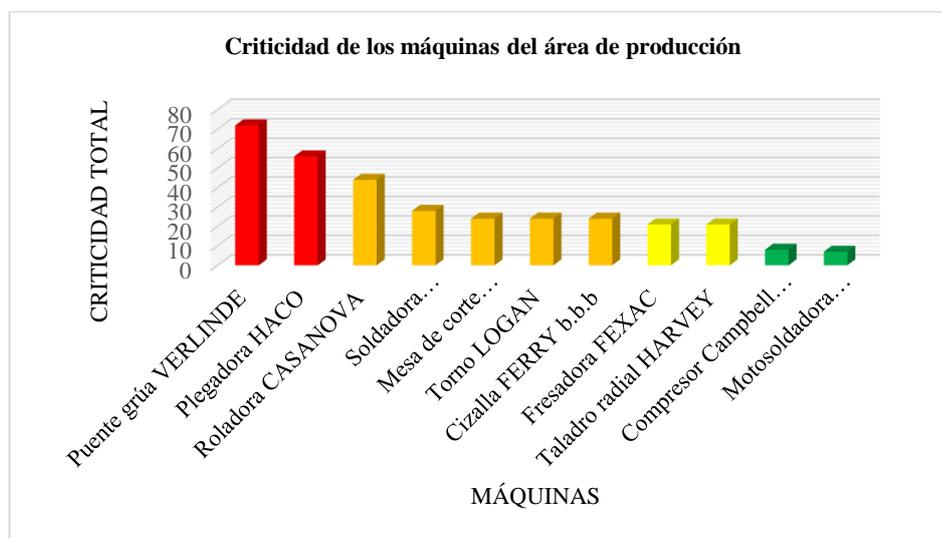


Gráfico 1-4: Criticidad de las máquinas del área de producción.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Las máquinas roladora CASANOVA, soldadora multiproceso MILLER, torno LOGAN y la cizalla FERRY b.b.b, se encuentran en la categoría de semicrítico con valores de cuarenta y cuatro (44), veinte y ocho (28), veinte y cuatro (24) para las tres últimas.

En la categoría crítico se encuentran la fresadora FEXAC y el taladro radial HARVEY, alcanzando una valoración de veinte y uno (21).

El compresor Campbell HAUSFELD y la motosoldadora MILLER BIG BLUE se encuentran en la categoría de no críticos con un valor de ocho (8) y siete (7) respectivamente.

Las máquinas de alta criticidad deben ser atendidas de forma inmediata ya que una parada no programada puede ocasionar consecuencias a la seguridad, al medio ambiente, a la producción y a la elaboración o procesos de productos terminados, creando retrasos en la entrega e insatisfacción del cliente.

4.1.2 Aplicación del RCM

Al aplicar el RCM a las máquinas del área de producción, basadas en las siete preguntas básicas, en primer lugar, hay que recordar que las cuatro primeras preguntas están relacionadas en detectar las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla, las cuales se encuentran incorporadas en la hoja de información (AMFE).

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se lo aplicó a once (11) máquinas, obteniendo un total de sesenta y tres (63) fallas funcionales, ciento ochenta y nueve (189) modos de falla al igual que efectos de falla, como se muestra en la tabla 1-4.

Tabla 1-4: Número de subsistemas, fallas, modos de falla y efectos de falla

SISTEMA	Nº SUBSISTEMA	Nº FALLAS FUNCIONAL	MODOS DE FALLA
Puente grúa VERLINDE	3	10	34
Roladora CASANOVA	2	5	23
Torno LOGAN	3	5	14
Soldadora multiproceso MILLER	2	2	14
Compresor CAMPBELL HAUSFELD	5	10	14
Motosoldadora MILLER BIG BLUE 400XPRO	4	5	15
Plegadora HACO	4	4	15
Taladro radial HARVEY	4	6	13
Mesa de corte HYPER THERM	4	5	13
Cizalla FERRY b.b.b	1	2	9
Fresadora FEXAC	8	9	25
TOTAL	40	63	189

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

En la tabla 1-4., se puede observar que el puente grúa VERLINDE está constituido por tres (3) subsistemas analizados, conteniendo diez (10) fallas funcionales y treinta y cuatro (34) modos de fallo con su respectivo efecto. Así mismo la roladora CASANOVA está constituida por dos (2) subsistemas analizados, obteniendo cinco (5) fallas funcionales y veinte y tres (23) modos de falla con sus efectos, afectando a la función requerida del activo.

Como último paso es responder las tres preguntas faltantes del RCM, mediante el llenado de la hoja de decisión utilizando el diagrama de decisión desde la parte superior izquierda hacia la derecha y según se realicen las preguntas planteadas se recorre hacia abajo.

La hoja de decisión permite determinar la consecuencia de la falla y la tarea proactiva de cada modo de fallo con tareas basadas en la condición, de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, trabajo hasta el fallo o se realiza la combinación de tareas.

En la tabla 2-4., se presenta el número de fallas evidentes y ocultas totales.

Tabla 2-4: Número de tipos de fallas totales.

Tipos de fallas	Nº de fallas.
Falla evidente	178
Falla oculta	11
Total de fallas	189

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Como resultado se obtuvo que se detectaron ciento setenta y ocho (178) fallas evidentes y once (11) fallas ocultas que deberán ser minimizadas con tareas proactivas.

A continuación, en la tabla 3-4., se presenta el número total de tareas proactivas según el análisis RCM desarrollado , con el fin de implementarlo en el plan de mantenimiento.

Tabla 3-4: Número total de tareas.

Tipo de tarea		Número de tareas
H1-N1-S1-O1	Por condición.	10
H2-N2-S2-O2	Reacondicionamiento cíclico.	131
H3-N3-S3-O3	Sustitución cíclica.	34
H4	Trabajo hasta el fallo.	4
H5	Rediseño.	3
S4	Combinación de tareas.	7
Total de tareas		189

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Como resultado del estudio del mantenimiento centrado en la confiabilidad se obtienen diez (10) tareas basadas en la condición, ciento treinta y uno (131) tareas de reacondicionamiento cíclico, treinta y cuatro (34) tareas de sustitución cíclica, cuatro (4) tareas de trabajo hasta el fallo , tres (3) de rediseño y siete (7) en combinación de tareas.

4.1.3 *Panel de navegación de la matriz de mantenimiento INDUACERO CÍA. LTDA.*

La creación del panel de navegación permite al usuario tener mayor control del plan de mantenimiento, con un fácil ingreso de datos, permitiendo el control y la rápida interpretación de resultados (reportes), se lo presenta de una forma dinámica e ilustrativa.

A continuación, se presenta el panel de navegación de la matriz de mantenimiento para la empresa INDUACERO CÍA. LTDA.

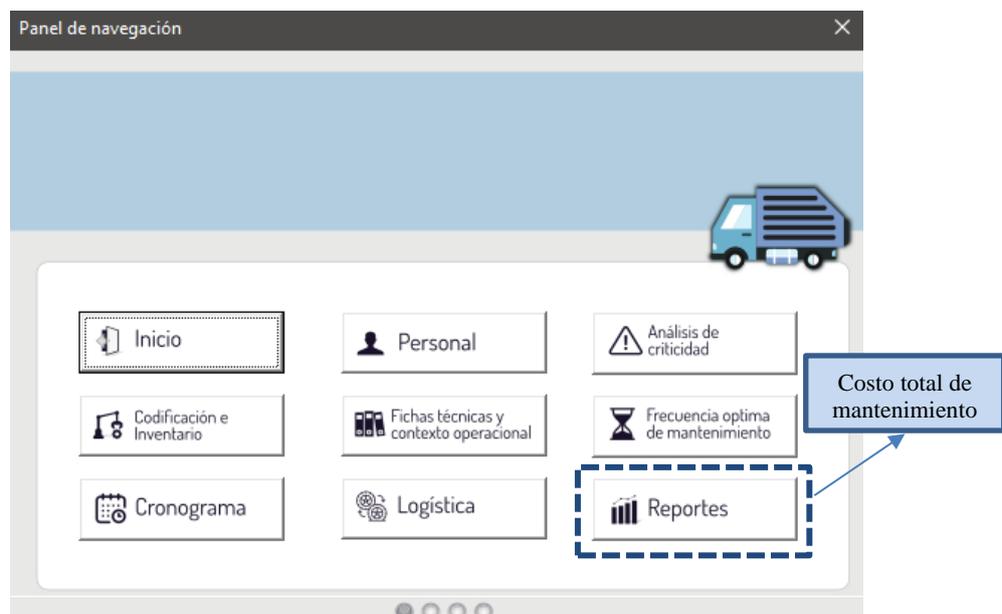


Figura 1-4: Panel de navegación.

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

En el panel de navegación de la matriz de mantenimiento destaca el botón de reportes, el cual al ingresar describe el costo total del plan de mantenimiento y el costo por sistema, como se representa en la tabla 4-4.

La empresa INDUACERO CÍA. LTDA. no cuenta con los reportes de mantenimiento que se ejecutan durante el año, es necesario conocer el costo total del plan de mantenimiento incluyendo la mano de obra, costo de repuestos y materiales, con el fin de reducir retrasos logísticos.

Tabla 4-4: Costo del plan de mantenimiento y sistemas.

MÁQUINAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA INDUACERO CÍA LTDA	
Máquinas	Costo por máquina
Puente grúa VERLINDE	1.792,61 USD
Roladora CASANOVA	1.428,21 USD
Torno LOGAN	729,12 USD
Cizalla FERRY b.b.b	1.092,76 USD
Compresor Campbell HAUSFELD	665,93 USD
Soldadora multiproceso MILLER	140,57 USD
Mesa de corte HYPER THERM	179,94 USD
Plegadora HACO	535,90 USD
Motosoldadora MILLER BIG BLUE 400XPRO	175,94 USD
Fresadora FEXAC	609,15 USD
Taladro radial HARVEY	455,62 USD
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO ANUAL	7.805,74 USD

COSTO POR MÁQUINA

\$- \$500,00 \$1.000,00 \$1.500,00 \$2.000,00

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Una vez que se conoce el costo de la tarea de mantenimiento se procede a calcular el valor total de mantenimiento por sistema, en este caso el más costoso en dar mantenimiento es el puente grúa VERLINDE alcanzando un precio de mil setecientos noventa y dos (1792) dólares con sesenta y uno (61) centavos. Al realizar la suma de todos los sistemas el costo total de mantenimiento anual para las once (11) máquinas del área de la producción en la empresa INDUACERO CÍA. LTDA., es de siete mil ochocientos cinco (7805) dólares con setenta y cuatro (74) centavos.

4.1.4 Resultado del manual técnico para las cajas compactadoras de basura

El manual técnico se lo realizó en forma de revista y se la entregó en formato digital e impresa a la empresa.

El manual técnico está compuesto por tres diferentes secciones principales que son: seguridad, operación y mantenimiento.

A continuación, se presenta el índice del manual técnico de mantenimiento desarrollado para las cajas compactadoras y también se lo puede visualizar en el ANEXO K de forma más ilustrativa.

- 1.- PRÓLOGO.
 - 1.1 Bienvenido.
 - 1.2 Propósito del manual.
 - 1.3 Alcance.

- 1.4 Características del equipo.
- 1.5 Consideraciones generales.

- 2.- SEGURIDAD.

- 2.1 Normas generales de seguridad.
- 2.2 Normas de seguridad específicas del equipo.
- 2.3 Normas de seguridad para el mantenimiento.

- 3.- OPERACIÓN.

- 3.1 Distribución de partes externas de la caja compactadora CCB-IAE.
- 3.2 Inspección antes de la operación.
- 3.3 Instrumentos y mandos.
 - 3.3.1 Control del toma de fuerza (P.T.O. Power Take Off).
 - 3.3.2 Mandos externos traseros.
 - 3.3.3 Mandos externos delanteros.
 - 3.3.4 Seguros de la compuerta de la tolva.
- 3.4 Funciones de control.
 - 3.4.1 Funciones de barrido o arrastre.
 - 3.4.2 Función de deslizado.
 - 3.4.3 Funciones de la compuerta de la tolva posterior.
 - 3.4.4 Funciones del eyector.
- 3.5 Procedimientos de carga de desechos.
 - 3.5.1 Recolección manual de basura.
 - 3.5.2 Carga de contenedores móviles con mecanismo lifter.
- 3.6 Compactado de desechos.
- 3.7 Descarga de los desechos.

- 4.- MANTENIMIENTO

- 4.1 Lavado.
- 4.2 Sistema mecánico.
 - 4.2.1 Estructura.
 - 4.2.2 Toma de fuerza.
 - 4.2.3 Bomba.
 - 4.2.4 Velocidad de operación.

- 4.3 Sistema hidráulico.
- 4.3.1 Depósito de aceite.
- 4.3.2 Aceite hidráulico.
- 4.3.3 Filtros.
- 4.3.4 Cilindros.
- 4.3.5 Panel eyector y guías de rodadura.
- 4.4 Inspecciones.
- 4.5 Lubricación.
- 4.6 Programa de mantenimiento preventivo.

4.1.5 *Portada y contraportada del manual técnico*

- **Portada.** - diseñada con imágenes de la propia empresa incluyendo los logos originales de INDUACERO y su unidad de negocio ambiental (PROURBE).
- **Contraportada.** – incluirá la información general de la empresa (e-mail, teléfonos y ubicación.)



Figura 2-4: Portada y contraportada del manual técnico.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

4.1.5.1 *Sección de seguridad*

Diseñada con una fotografía propia de la empresa, en donde se puede observar una charla al personal de la empresa referente a la seguridad, acompañada de su tema y logo de fabricación.



Figura 3-4: Portada del manual de seguridad.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

4.1.5.2 *Sección de operación*

Diseñada con una fotografía referente a la operación y uso de las cajas compactadoras de basura acompañada del tema principal, con el logo de su unidad de negocio ambiental (PROURBE).



Figura 4-4: Portada del manual de operación.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

4.1.5.3 *Sección de mantenimiento*

Diseñada con una fotografía referente al mantenimiento de las cajas compactadoras de basura para evitar su degradación, acompañada del tema principal y logo de su unidad de negocio ambiental (PROURBE).



Figura 5-4: Portada del manual de mantenimiento.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

4.2 Discusión

El plan de mantenimiento para la empresa INDUACERO CÍA. LTDA. bajo la metodología del RCM ha sido elaborado dentro de un enfoque general, con el cual se han obtenido nuevas tareas de mantenimiento que contribuirán directamente en la disminución de las paradas imprevistas dentro del proceso, debido a averías que impiden cumplir con las funciones que desarrolla el área de producción.

La matriz de mantenimiento presentada es una herramienta que sistematiza la gestión de activos del área de producción, la cual permite llevar un mejor seguimiento de las máquinas, con el fin de que el mantenimiento sea dirigido y puntual.

Con los resultados del análisis de criticidad y la valoración del costo de mantenimiento por máquina en referencia específica al puente grúa VERLINDE, se obtuvo un activo muy crítico y que su valor de mantenimiento preventivo anual alcanza los mil setecientos noventa y dos (1.792) dólares americanos con sesenta y un (61) centavos.

Podemos corroborar que es necesario direccionar todos los recursos y esfuerzos necesarios con el fin de mejorar su fiabilidad operacional. Al no ser posible centrar dichos esfuerzos en toda la planta se deberá priorizar las máquinas que formen parte de la zona muy crítica

CONCLUSIONES

Se elaboró el plan de mantenimiento para el área de producción, mediante la metodología del RCM utilizando la norma SAE-JA-1011 y SAE-JA-1012, obteniendo ciento ochenta y nueve (189) tareas en total, divididas en quince (15) tareas basadas por la condición, ciento veinte y cinco (125) por reacondicionamiento cíclico, cuarenta y uno (41) por sustitución cíclica y cuatro (4) para trabajo hasta el fallo y combinación de tareas. Con las tareas del análisis desarrollado, se busca mantener la disponibilidad de los activos analizados evitando retrasos en los procesos de fabricación, reparación y entrega de equipos industriales que fabrica la empresa.

Se desarrolló el análisis de la criticidad a once (11) máquinas del área de producción obteniendo como resultado una valoración de setenta y dos (72) para el puente grúa VERLINDE y cincuenta y seis (56) para la plegadora HACO, siendo los sistemas más críticos y propensos a que ocurran fallos. Con ello se identifica que estos activos deben ser prioridad para la organización cuando se trata del direccionamiento de recursos, con el fin de mejorar su disponibilidad.

Para la elaboración de las fichas técnicas se recolectó información de las placas características de cada máquina, se acudió a la empresa a conocer el funcionamiento de cada una, con el fin de determinar los parámetros para la formación del contexto operacional.

Se determinó la logística del mantenimiento para cada tarea, en las cuales se incluyó mano de obra (especialista, duración de la tarea, horas hombre, etc.), materiales y repuestos (costo por unidad y costo total), herramientas y equipos, dentro de los activos analizados, el puente grúa VERLINDE es el más costoso, alcanzando un valor de mil setecientos noventa y dos (1792) dólares con sesenta y uno (61) centavos. Esta valoración permite al departamento de compras tener un registro inicial sobre temas logísticos de cada máquina.

Se elaboró en formato físico y digital un manual técnico de seguridad, operación y mantenimiento tipo revista para las cajas compactadoras de desechos sólidos, que será entregada durante la comercialización de estos equipos, con el objetivo de prevenir accidentes laborales y la incorrecta operación por parte del personal que ejecuta la recolección de basura.

Se ofreció una charla expositiva a los colaboradores de la organización (Gerente, Supervisor de planta, Mantenimiento y Compras) sobre los alcances obtenidos en la realización del trabajo de integración curricular, así como también el proceso de obtención de las tareas de mantenimiento por medio de la metodología del RCM, incluyendo el manejo de la matriz de mantenimiento y la descripción del manual técnico de las cajas compactadoras.

RECOMENDACIONES

Recolectar y registrar información de los fallos que ocurren en cada sistema para la creación del historial de fallos, con el fin de calcular la frecuencia optima e indicadores de mantenimiento.

Es necesario capacitar a los operarios acerca de los tipos de mantenimiento existentes, para obtener la colaboración en tareas que ellos puedan ejecutar y así se pueda cumplir el plan de mantenimiento establecido, con el fin de mantener la alta disponibilidad de las máquinas.

Continuar con el estudio del mantenimiento centrado en la confiabilidad a todas las áreas existentes de la empresa, para la elaboración de un plan de mantenimiento completo que permita obtener reportes referentes a costos totales ya sea por sistemas o por toda la planta.

Cumplir la planificación establecida junto con las actividades propuestas semana a semana en el plan de mantenimiento, con el fin de evitar la acumulación en la carga de trabajo y no incluir más técnicos.

GLOSARIO

ISO	International Organization for Standardization.
OSHAS	Occupational Health and Safety Assesment Series.
RCM	Reliability Centred Maintenance.
SGC	Sistema de Gestión de la Calidad.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
SAE	Society of Automotive Engineers.
UNE	Unión Nacional Española.
AMEF	Análisis de Modo y Efecto de Fallos.
CTR	Criticidad Total por Riesgo.
MPP	Mantenimiento Preventivo Predeterminado.
MC	Mantenimiento correctivo.
EPP	Equipos de protección personal.
CCB-IAE	Cajas compactadoras de basura-Industria Acero del Ecuador.
SSPC	Steel Structures Painting Council.
PTO	Power Take Off.

BIBLIOGRAFÍA

- AL HAIANY, H.** Reliability Centered Maintenance Different Implementation Approaches [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Tecnológica de Luleå, Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y de Recursos Naturales, (Luleå -Suecia),2016. pp. 33 [Consulta: 2020-12-20]. Disponible en: <http://tu.diva-portal.org/smash/get/diva2:974288/FULLTEXT01.pdf>
- ALONSO ROSALES, J.** *Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF)*. [en línea]. Santa Fe, Argentina: El Cid Editor, 2009. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/31377>.
- ARDILA MARIN, J; et. al.** 2016. "La gerencia del mantenimiento" Una revisión. *Dimensión empresarial* [en línea], 2016, (Colombia) 14(2), pp. 129-144. [Consulta: 04 enero 2021]. ISSN 1692-8563. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/diem/v14n2/v14n2a09.pdf>
- BATTIKA.** *Manual condensado de medición y control.* . En U. ES, TERCERA Edición, 2007. ISBN 978-1-55617-995-2. pp. 64-75.
- BOTERO, C.** *Manual de Mantenimiento* [blog]. Perú, 2012 . [Consulta: 10 enero 2021] Disponible en: www.petroperu.com.pe
- CONCHA GUAILLA, J. & BARAHONA DEFAZ, B.** Mejoramiento de la Productividad en la Empresa in duacero Cia. Ltda. en Base al Desarrollo e Implementación de la Metodología 5s Vsm, Herramientas Dellean Manufacturing. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. pp 23-24. [Consulta: 2020-12-13]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3026>.
- DAQUINTA-GRADAILLE, A; et. al.** "Metodología de Análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH". *Revista Ingeniería Agrícola* [en línea], 2018, (Cuba) 8(2), pp. 55-61. [Consulta: 20 enero 2021] ISSN 2306-1545. Disponible en: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/938/1315>
- DOTY, S. & TURNER, W.C.** *Developing & Implementing a Preventive Maintenance Plan* [en línea]. Washington-USA: Fairmont Press, 2013. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00C19IA7/energy-management-handbook/developing-implementing> BT - Energy Management Handbook (8th Edition).
- GARCIA GARRIDO, S.** *La contratacion del mantenimiento industrial: procesos de externalizacion, contratos y empresas de mantenimiento.* Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 2012 ISBN 9788499690186, pp. 378.
- GARCÍA GARRIDO, S.** *ORGANIZACION Y GESTION INTEGRAL.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003 ISBN 9788479785772, pp. 47.
- GARCÍA PALENCIA, O.** *Gestion moderna del mantenimiento industrial.* Bogota: Ediciones de la U, 2012 ISBN 9789587623161, pp. 156.

HOLLIS, S. & SASSER, C.. *Implementing Reliability Centered Maintenance (RCM) with State of the Art PT&I Technologies.* [blog]. [Consulta: 04 febrero 2021]. Disponible en: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170011126/downloads/20170011126.pdf>

INDUACERO. LA EMPRESA. [blog]. [Consulta:03 diciembre 2020]. Disponible en: <http://induacero.com.ec/about-induacero.html>

INEC. Municipios y Consejos Provinciales. [blog]. [Consulta:05 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/category/municipios-y-consejos-provinciales/>

ISO 14224:2016. *Industrias de petróleo y gas natural Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.*, vol. 1999, pp. 1-71.

ISSLA. *Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral (ISSLA) Gabinetes de Seguridad e Higiene* [blog]. [Consulta:21 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL_SEGURIDAD.pdf/f4ecb5cb-09b9-025f-a7b1-735abc10270b

KELLY, A. *Maintenance task selection using reliability-centered maintenance. Plant Maintenance Management Set.* [en línea]Oxford-Reino Unido: Butterworth-Heinemann, 2006. [Consulta:21 noviembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-075066995-5/50039-4>

LLAMUCA DANNY, 2017. “*ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES STAR-PARAÍSO, UBICADA EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS*” [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp 22. [Consulta: 2020-12-14]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8269>

MORA GUTIÉRREZ, L.A. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* Mexico DF: Alfaomega. ISBN 9788578110796, pp. 444-450.

MOUBRAY, J. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* Madrid, España: Biddles LTA. ISBN 09539603-2-3. pp. 30-206.

MURRAY, S.S. *ESTADÍSTICA.* Cuarta Edición. Mexico D.F: McGraw Hill. ISBN 9789701068878. pp. 229.

NASA. *Reliability-Centered Maintenance Guide For Facilities and Collateral Equipment.* [en línea] Washington-USA: National Aeronautics and Space Administration, 2008. [Consulta:12 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_rcmguide.pdf

NAVARRO ELOLA, L. *Gestión integral de mantenimiento* [en línea]. Barcelona- España: Marcombo, 2009. [Consulta: 05 diciembre 2020]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/45905>.

QUEZADA, A. *Plan para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en plantas de tratamiento de agua potable.* [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Estatal de Milagro, Milagro

Ecuador. 2014. pp. 32-47 [Consulta: 2020-12-04]. Disponible en:
<http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/2516>

RECYTRANS. *Compactadores de residuos - Gestión de residuos - Soluciones Globales para el Reciclaje.* [blog]. [Consulta:23 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.recytrans.com/productos/compactadores-de-residuos/>

REGAN, N. *The RCM Solution: A Practical Guide to Starting and Maintaining a Successful RCM Program* [en línea].USA.: Industrial Press, 2012. [Consulta: 22 diciembre 2020] Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00U6REGI/rcm-solution-practical/classifying-failure-modes-BT-RCM-Solution-A-Practical-Guide-to-Starting-and-Maintaining-a-Successful-RCM-Program>.

RELIABILITYWEB. "Reliability Centered Maintenance : Project Managers Guide." ASM Handbook [en línea], 2014 (Londres) 11 (2) pp. 9. [Consulta:13 diciembre 2020] ISSN 978-1-62708-180-1. Disponible en: <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v11.a0003504>

ROMERO CARRANZA, J.L. "Análisis De Criticidad"[en línea], (Trabajo de titulación). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla, España. 2013. pp. 3-5. [Consulta: 2020-12-16]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Análisis+de+criticidad.pdf>

SAE-JA-1011. *Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*

SANDERS, R.E. "Seguridad de los procesos químicos aprendizaje de las historias de casos". Science Direct [en línea], 2015, (USA) Cuarta Edición, pp. 16. [Consulta:22 noviembre 2020]. ISSN 978-0-12-801425-7 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801425-7.00001-7>

UNE-EN13306. *Terminología del mantenimiento.*

UNE - EN 60300-3-11. *Gestión de la confiabilidad Parte 3-11: Guía de aplicación Mantenimiento centrado en la confiabilidad. España.*

UNE - EN 60300-3-11. *Gestión de la confiabilidad Parte 3-11: Guía de aplicación Mantenimiento centrado en la confiabilidad. España.*

UVIDIA, W. PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, EMPLEANDO LA TÉCNICA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE UN GRUPO ELECTRÓGENO WARTSILA VASA12V32LN Y SISTEMAS AUXILIARES EN LA PLANTA DE GENERACIÓN YURALPA BLOQUE-21. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 18-24 [Consulta: 2020-12-09]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6634/1/20T00846.PDF>

ANEXOS

ANEXO A: MATRICES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES				
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA				
Código:	IMAGEN				
Descripción:					
Centro de costos:					
Código Vein:					
Código de Activo:					
Marca:					
Modelo:					
No.Serie:					
Valor de Adquisición:					
Proveedor:					
No.Factura o Contrato:					
Tipo de seguro:				Compania de Seguros	
Manuales					
Código	Descripción	Ubicación			
Planos					
Código	Descripción	Ubicación			
Repuestos y Materiales					
Código	Descripción	Ubicación			
			Características Técnicas EQ1		
Nombre:					
			Características Técnicas EQ2		
Nombre:					

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021



INDUACERO

INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CIA. LTDA.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES



CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

AÑO 2021 SEMANAS

	CÓDIGO DEL EQUIPO	DESCRIPCION	TAREA	DURACIÓN DE LA TAREA (HORAS)	FRECUENCIA	SEM	UOPS HH*SEMANA	ULTIMA FECHA	ULTIMA LECTURA HH	PROXIMA LECTURA HH	PROXIMA FECHA	SEMANA	AÑO 2021 SEMANAS						
													1	2	3	52	
NOMBRE DEL SISTEMA/ CÓDIGO																			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

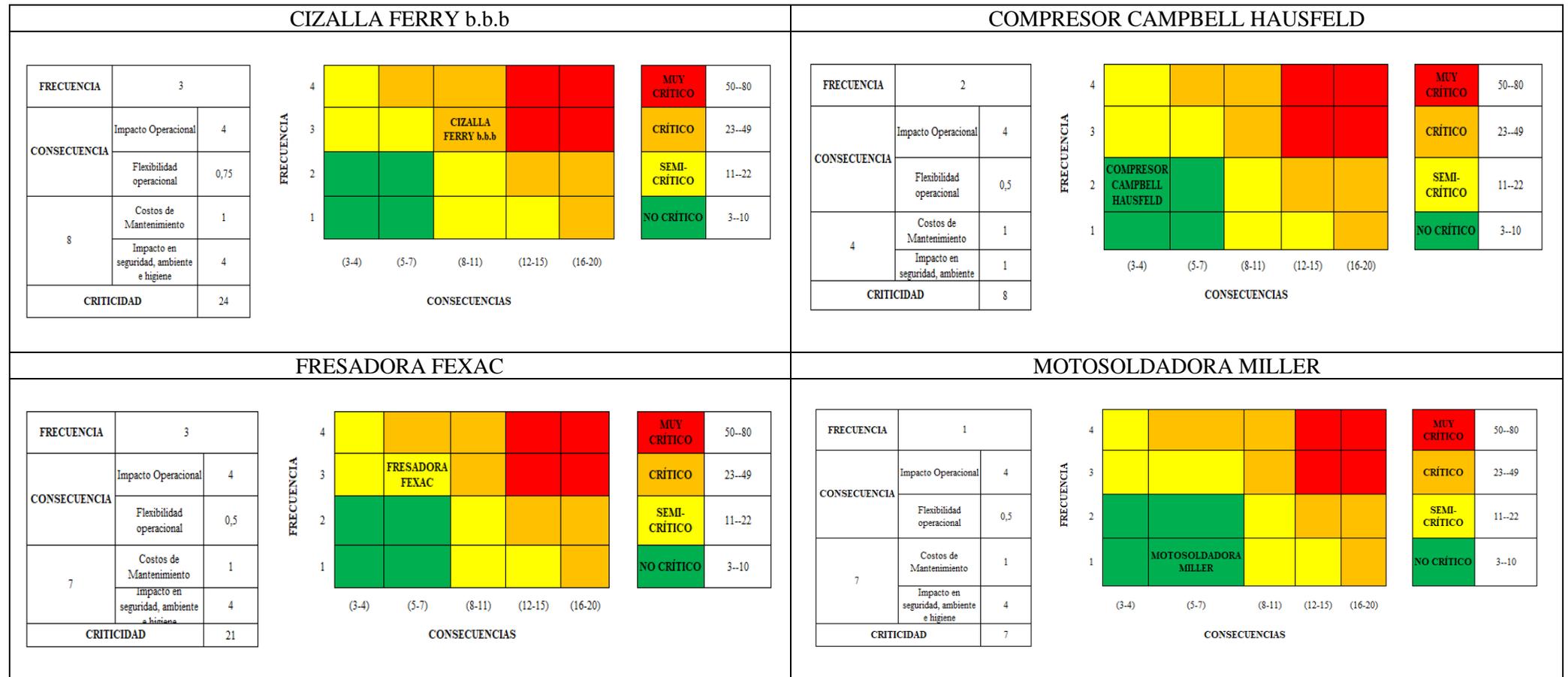
Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

	INDUACERO				
	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES				
	DATOS DE TAREA DE MANTENIMIENTO				
CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA			
REQUIERE PARADA EL SISTEMA:	TIEMPO DE PARADA:				
DEPARTAMENTO EJECUTANTE:					
PROVEEDOR O CONTRATISTA:	COSTO TOTAL PROVEEDOR:				
MATERIALES					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			CANTIDAD	
PERSONAL					
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HR:MM	COSTO	
INFORMACIÓN					
CÓDIGO	NOMBRE			TIPO	
INSTRUCCIONES:					
COSTO DE MATERIALES:					
COSTO DE MANO DE OBRA:					
COSTO DE CONTRATOS:					
COSTO TOTAL:					

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

ANEXO B: ANÁLISIS DE LA CRITICIDAD PARA LAS MÁQUINAS RESTANTES.

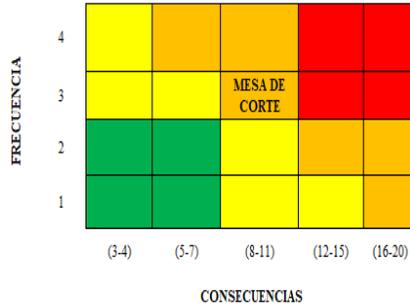


Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

MESA DE CORTE HYPER THERM

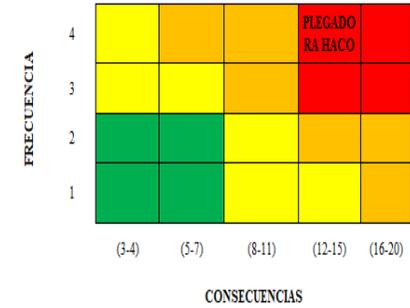
FRECUENCIA	3	
CONSECUENCIA	Impacto Operacional	4
	Flexibilidad operacional	0,75
8	Costos de Mantenimiento	1
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	4
CRITICIDAD	24	



MUY CRÍTICO	50-80
CRÍTICO	23-49
SEMI-CRÍTICO	11-22
NO CRÍTICO	3-10

PLEGADORA HACO

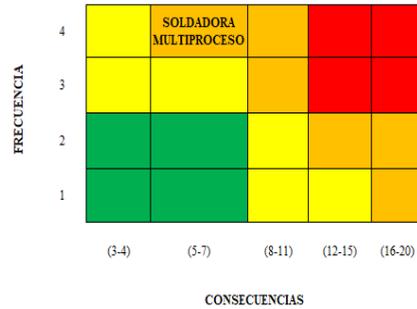
FRECUENCIA	4	
CONSECUENCIA	Impacto Operacional	4
	Flexibilidad operacional	0,5
14	Costos de Mantenimiento	2
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	10
CRITICIDAD	56	



MUY CRÍTICO	50-80
CRÍTICO	23-49
SEMI-CRÍTICO	11-22
NO CRÍTICO	3-10

SOLDADORA MULTIPROCESO MILLER

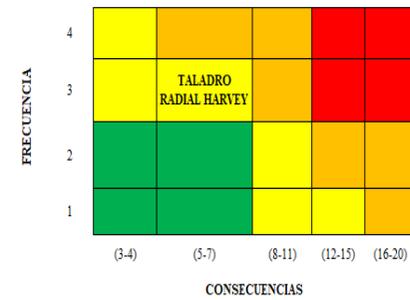
FRECUENCIA	4	
CONSECUENCIA	Impacto Operacional	4
	Flexibilidad operacional	0,5
7	Costos de Mantenimiento	1
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	4
CRITICIDAD	28	



MUY CRÍTICO	50-80
CRÍTICO	23-49
SEMI-CRÍTICO	11-22
NO CRÍTICO	3-10

TALADRO RADIAL HARVEY

FRECUENCIA	3	
CONSECUENCIA	Impacto Operacional	4
	Flexibilidad operacional	0,5
7	Costos de Mantenimiento	1
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	4
CRITICIDAD	21	



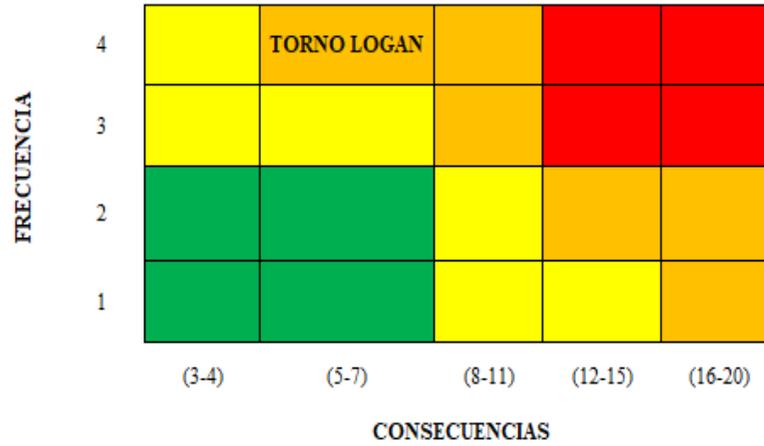
MUY CRÍTICO	50-80
CRÍTICO	23-49
SEMI-CRÍTICO	11-22
NO CRÍTICO	3-10

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

TORNO LOGAN

FRECUENCIA	4	
CONSECUENCIA	Impacto Operacional	4
	Flexibilidad operacional	1
6	Costos de Mantenimiento	1
	Impacto en seguridad, ambiente e higiene	1
CRITICIDAD		24



MUY CRÍTICO	50--80
CRÍTICO	23--49
SEMI-CRÍTICO	11--22
NO CRÍTICO	3--10

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

ANEXO C: CODIFICACIÓN E INVENTARIO DE LAS MÁQUINAS RESTANTES.

EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA. CODIFICACIÓN E INVENTARIO GENERAL DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN							
PLANTA	DESCRIPCIÓN	ÁREA	DESCRIPCIÓN	SISTEMA	DESCRIPCIÓN	SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN
EI	EMPRESA INDUACERO	EI-AI	Área de acero inoxidable.	EI-AI-PV01	Puente grúa VERLINDE	EI-AI-PV01-MSE01	Subsistema de estructura mecánica
						EI-AI-PV01-MST01	Subsistema de traslación
				EI-AI-SM01	Soldadora Multiproceso MILLER	EI-AI-PV01-MSE01	Subsistema de elevación
						EI-AI-SM01-MSM01	Subsistema de estructura mecánica
EI	EMPRESA INDUACERO	EI-AC	Área de acero al carbono.	EI-AC-CC01	Compresor CAMPBELL HAUSFELD	EI-AI-SM01-ESE01	Subsistema eléctrico
						EI-AC-CC01-EMC01	Subsistema Motor del compresor
						EI-AC-CC01-MTA01	Subsistema Tanque de Almacenamiento
						EI-AC-CC01-MSS01	Subsistema de seguridad
				EI-AC - MM02	Motosoldadora MILLER BIG BLUE 400XPRO	EI-AC-CC01-MCO01	Subsistema Compresor
						EI-AC-CC01-MST01	Subsistema de Transmisión
						EI-AC - MM02-EMP01	Subsistema motor principal
						EI-AC - MM02-ESE01	Subsistema eléctrico
				EI-AC-RC01	ROLADORA CASANOVA	EI-AC - MM02-MEM01	Subsistema estructura mecánica
						EI-AC - MM02-EGP01	Subsistema generador de potencia
						EI-AC-RC01-MSE01	Subsistema de estructura mecánica
						EI-AC-RC01-MSH01	Subsistema hidráulico
				EI-PC-TL01	Torno LOGAN	EI-PC-TL01-EMP01	Subsistema motor principal
						EI-PC-TL01-MST01	Subsistema transmisión de poleas
						EI-PC-TL01-MSB01	Subsistema de bancada
						EI-PC-CF01	CIZALLA FERRY b.b.b
EI	EMPRESA INDUACERO	EI-PC	Área de plegado y corte.	EI-PC-FF01	Fresadora FEXAC	EI-PC-CF01-MSH01	Subsistema hidráulico
						EI-PC-FF01-EMP01	Subsistema motor principal
				EI-PC-PH01	Plegadora HACO	EI-PC-FF01-MSM01	Subsistema mesa
						EI-PC-FF01-MST01	Subsistema de Transmisión
						EI-PC-FF01-MSS01	Subsistema tornillo sin fin de avance
						EI-PC-FF01-MSV01	Subsistema caja de velocidades
						EI-PC-FF01-MSP01	Subsistema de palanca de avance
						EI-PC-FF01-ESE01	Subsistema caja eléctrica
				EI-PC-TH01	Taladro radial HARVEY	EI-PC-FF01-MSR01	Subsistema de refrigeración
						EI-PC-PH01-MSE01	Subsistema de estructura mecánica
						EI-PC-PH01-MSH02	Subsistema hidráulico
						EI-PC-PH01-MSL01	Subsistema de lubricación
				EI-CP-MH01	Mesa de corte HYPER THERM	EI-PC-PH01-ESE01	Subsistema eléctrico
						EI-PC-TH01-MSM01	Subsistema de estructura mecánica
						EI-PC-TH01-ESE01	Subsistema eléctrico
						EI-PC-TH01-MSG01	Subsistema de columna giratoria
EI	EMPRESA INDUACERO	EI-CP	Conformado de plasma.	EI-CP-MH01	Mesa de corte HYPER THERM	EI-PC-TH01-MSH1	Subsistema de husillo
						EI-CP-MH01-MSM01	Subsistema de estructura mecánica
						EI-CP-MH01-MSN01	Subsistema neumático
						EI-CP-MH01-MSC01	Subsistema de corte
						EI-CP-MH01-MSM04	Subsistema eléctrico

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

ANEXO D: CONTEXTO OPERACIONAL DE LAS MÁQUINAS RESTANTES.

<i>CIZALLA FERRY b.b.b</i>				<i>INDUACERO</i>	<i>INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.</i>			
SISTEMA		IMAGEN		MOTOBOMBA				IMAGEN
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES								
Marca	FERRY b.b.b							
Modelo	CH-305							
Potencia	7,5 kW							
Tensión de trabajo	220V							
Frecuencia de red	60Hz							
Presión	220 Kg/cm2							
Capacidad Máxima	6 mm							
AC	3							
Peso	5 Ton.							
# de Gatos	11							
Longitud	3 m	Anchura	1,45 m					
Altura	1,55 m	Nº fabricación	6475					
MOTOR				IMAGEN				
Marca	MOTOVARIO							
Modelo	T71C4							
Potencia	0,55 kW							
Voltaje	230 V							
Frecuencia de red	60 Hz							
RPM	1680 rpm.							
Amperaje	2,45							
IP	55							
cos fi	0,83							
CONTEXTO OPERACIONAL								
ASPECTOS CLIMÁTICOS				La cizalla FERRY b.b.b se encuentra instalado en la nave del área de corte y plegado, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C.				
FUNCIONAMIENTO				Está diseñada para realizar cortes de gran precisión con ángulos de corte 1°-2°30', mediante un control automático que permite preseleccionar la medida que se va a cortar, se lo realiza al ejercer una presión a la cuchilla superior e inferior, utilizando una bomba hidráulica.				
PROCESO Y REDUNDANCIA				La cizalla FERRY b.b.b trabaja en un proceso a tiempo parcial ya que opera según la demanda que se genera por los contratos referentes a construcción y reparación de equipos industriales. Es la única cizalladora disponible ya que las otras se encuentran inactivas por fallos.				
ESTÁNDARES DE CALIDAD				Con norma CE, marcado CE (Conformité Européenne) que permite cortes de gran precisión con diferentes ángulos de corte.				
RIESGOS PARA LA SEGURIDAD				El activo presenta una seguridad relativamente alta, ya que las condiciones de trabajo están dirigidas solo al personal autorizado a operar estas máquinas, para evitar accidentes laborales como cortes a extremidades superiores.				
OPERACIÓN				Su capacidad de funcionamiento es del 80%, laborando diariamente, en un lapso de 2 horas continuas.				
ESTIMACIÓN DE OPERACIÓN				La pérdida es de \$100 por hora.				
REPUESTO				El repuesto se adquiere directamente de bodega, ya que se ha producido solo fallos pequeños y no habido la necesidad de adquirir un repuesto de afuera.				

PLEGADORA HACO				INDUACERO	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.
SISTEMA		IMAGEN		MOTOREDUCTOR COAXIAL	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES				IMAGEN	
Marca	HACO			Marca	MOTOVARIO
Modelo	PPM-43-225			Tipo	RT-PAM/042
Serie	90638			Serie	0017027
T. de trabajo	380V			Potencia	0,27 kW
Frecuencia de red	60Hz			Voltaje	220 V
Cap. Máxima	225 Ton.			cos fi	0,78
Peso	4470 Kg.			IP	55
Longitud	4,30 m	Anchura	1,95 m	RPM	1670
Altura	2,75 m	A. fabricación	2001	CONTEXTO OPERACIONAL	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN				ASPECTOS CLIMÁTICOS	Se encuentra instalado en la nave de plegado y corte, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C.
MOTOR 1		IMAGEN		FUNCIONAMIENTO.	Funciona con un sistema hidráulico de doble efecto, mediante un panel de control se envía la información para que se surja el doblado de las planchas de acero, después del doblado un sistema de transmisión por cadena cumple la función de retorno automático.
Marca	MEZ			PROCESO Y REDUNDANCIA.	La plegadora HACO trabaja en proceso por lotes, ya que otros sistemas no dependen de él para su funcionalidad, si está maquina entra en fallo se recurre al encendido de otras 2 plegadoras existentes con más baja capacidad.
Modelo	7AA71M04			ESTÁNDARES DE CALIDAD.	Construido bajo normativa CE, con control ATL 550 que permite doblar piezas con gran precisión.
Potencia	0,37 kW			ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES.	Por su antigüedad presenta fisura en su sistema de combustible principalmente en cañerías y tanque de almacenamiento, por lo que existe derrames en el piso.
Voltaje	230 V			RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	Los riesgos para la seguridad son altos debido al mecanismo que presenta, su operación.
Frecuencia de red	60 Hz			OPERACIÓN	La máquina se utiliza de forma parcial, es decir 2 horas en forma continua de lunes a viernes.
RPM	1370 rpm			ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	La pérdida es de \$150 por hora.
Amperaje	1,82 A			REPUESTO	Los repuestos son de difícil obtención por ser una máquina antigua, por lo que se le repara con elementos genéricos que se encuentran en bodega, hasta que llegue el repuesto original ya que es tardío.
IP	55				
cos fi	0,78				
MOTOBOMBA (2)					
Marca	EMK- HOLLAND				
Modelo	KC180M-4				
Potencia	18,5 kW				
Voltaje	440 V				
Cos fi	0.85				
RPM	1765				



TORNO LOGAN				INDUACERO	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.
SISTEMA		IMAGEN		CONTEXTO OPERACIONAL	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES					
Marca	LOGAN				
Modelo	FEL-32120GYC				
Tensión de trabajo	220 V				
Potencia	11,5 kW				
Frecuencia de red	60 Hz				
Máquina N°	07228				
Amperaje	46 A				
Max. Swing.dia.over.bed	770				
Max. Length of work piece	3000				
IP	54				
Longitud	3,60 m	Anchura	0,70 m		
Altura	1,45 m	A. fabricación	2007		
ASPECTOS CLIMÁTICOS		Se encuentra instalado en la nave de plegado y corte, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C, por ser una máquina que alcanza altas temperaturas por su trabajo, se utiliza refrigerante.			
FUNCIONAMIENTO.		El torno LOGAN gira a diferentes velocidades y se utiliza las mordazas para ajustar las piezas a torneado mediante el giro que se produce, para el torneado se utiliza una herramienta de acero duro afilada; el carro va montada sobre la bancada permitiendo la movilidad de la herramienta en forma horizontal paralela para hacer surcos más profundos.			
PROCESO Y REDUNDANCIA.		El proceso de trabajo es por lotes, es la máquina que más resalta dentro del área de plegado y corte, no para la productividad si llegase a fallar, pero incrementa el tiempo de torneado, existe dos tornos más dentro del área para sustituirlo, pero de menor capacidad.			
ESTÁNDARES DE CALIDAD.		Las piezas que son torneadas en el torno LOGAN deben cumplir la norma ISO 9001:2015 como estándar de calidad.			
ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES.		No produce daños al medio ambiente por ser una máquina que funciona con energía eléctrica.			
RIESGOS PARA LA SEGURIDAD		Se puede provocar atrapamientos de extremidades superiores en el operador, provocando lesiones graves a su integridad física e incluso la muerte.			
OPERACIÓN		El torno LOGAN trabaja seis (6) horas al día desde las 8:00 am hasta las 14:00 pm de lunes a viernes.			
ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN		La pérdida es de \$100 por hora.			
REPUESTO		Los repuestos se encuentran disponibles en bodega cuando se presentan daños de pequeña magnitud y para daños más severos se debe adquirir los repuestos mediante una compra externamente.			

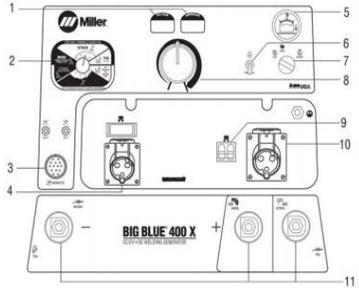
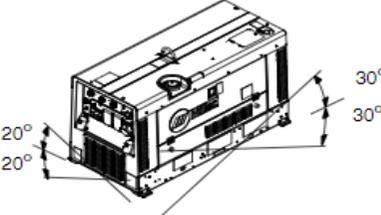
<i>Fresadora FEXAC</i>					INDUACERO	<i>INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.</i>
SISTEMA		TIPO	AM 132 MR4	cos fi		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES		N°	19513847F	Frecuencia	60 Hz	CONTEXTO OPERACIONAL
		IP	55	Potencia	7,5 kW	
Marca	FEXAC	RPM	1735 r.p.m	Voltaje	220 V	
		IMAGEN				
Modelo	UMS					
Superficie de mesa	1100 X 240 mm					
Curso de mesa	1000 X 350 mm					
Cabezal	ISO 40					
Revoluciones	40 - 1750					
Motor principal	10 Hp					
Peso	1750 Kg					
Recorrido vertical	425 mm					
Recorrido longitudinal	800 mm					
Recorrido transversal	225 mm					
		ASPECTOS CLIMÁTICOS				Se encuentra instalado en la nave de plegado y corte, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C.
		FUNCIONAMIENTO				Funciona de forma manual y automático, el desplazamiento del carnero o mandril es automático producido por un motor de corriente continua accionado por un husillo, la mesa longitudinal se la mueve de forma horizontal con el carro transversal accionando la palanca en el eje x ,y para moverla de forma vertical se utiliza la palanca en el eje y, si se lo quiere mover para atrás y adelante se acciona la palanca en el eje z.
		PROCESO Y REDUNDANCIA				El proceso de trabajo es por lotes y no para la productividad si llegase a fallar, pero incrementa el tiempo de fresado de piezas, existe una fresadora que suple de emergencia si ésta llegase a fallar.
		ESTÁNDARES DE CALIDAD				Su cabezal está construido bajo la norma ISO 40 DIN 2080 con desplazamiento de 100 mm.
		ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES				No presenta daños al medio ambiente.
		RIESGOS PARA LA SEGURIDAD				Presenta daños hacia la integridad física del operador por lo que se recomienda conocer el funcionamiento de la máquina y que reciba una capacitación previa para no sufrir accidentes.
		OPERACIÓN				La fresadora FEXAC trabaja siete (7) horas de forma continua, 2 veces por semana, mecanizando ejes y cardanes para el accionamiento de compuertas hidráulicas.
		ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN				La pérdida es de \$100 por hora.
		REPUESTO				Para fallas pequeñas el repuesto se encuentra en bodega y cuando la máquina surge fallos severos se los traslada a talleres particulares para su reparación.

<i>MESA DE CORTE HYPERTHERM</i>				<i>INDUACERO</i>	<i>INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA</i>	
SISTEMA		IMAGEN		ESTRUCTURA MECÁNICA		IMAGEN 
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES				Longitud	4,75 m	
Marca	HYPERTHERM			Altura	1,45 m	
Modelo	POWERMAX 105			Ancho	2,10 m	
CORTE POR ARCO DE PLASMA		IMAGEN		CONTEXTO OPERACIONAL		
Voltaje de entrada	600 V			ASPECTOS CLIMÁTICOS	Se encuentra instalado en la nave de corte y plasma, con una humedad relativa que alcanza el 75% y temperatura ambiente que no supera los 20°C.	
Frecuencia	60 Hz			FUNCIONAMIENTO	La cortadora de plasma utiliza aire o nitrógeno para realizar cortes en planchas de acero. Gracias a la tecnología Smart Sense ajusta automáticamente la presión de gas correspondiente al modo de corte que se va a realizar.	
Potencia de salida	16,8 kW			PROCESO Y REDUNDANCIA	El proceso es continuo ya que reduce drásticamente la producción y no cuenta con equipo de reemplazo, ocasionado retraso a la hora de entregar el material cortado.	
Corriente de entrada a 16,8 kW	22 A			ESTÁNDARES DE CALIDAD	Los equipos HYPERTHERM se fabrican bajo la norma EN60974-10 y llevan la marca CE (Conformité Européenne).	
Corriente de salida	30-105 A			ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES	Al momento de realizar los cortes en las planchas de acero se produce humos y gases tóxicos que son arrojados directamente hacia la atmósfera.	
Voltaje de salida nominal	160 VCD			RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	La inhalación de gases tóxicos es peligrosa para la salud del operador, como también está expuesto a sufrir quemaduras de gravedad al momento de realizar los cortes.	
Ciclo de trabajo a 40°C	70% a 105 A, 240 V			OPERACIÓN	La máquina trabaja 5 horas diaria de forma continua por semana, elaborando cortes en planchas de acero, para la creación de tanques de almacenamiento y para reparaciones de equipos industriales.	
Volt circuito abierto	300 VCD			ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	La pérdida es de \$150 por hora.	
Dimensiones con manijas	P	592 mm				
	A	274 mm				
	L	508 mm				
Peso con antorcha	45 Kg (100 lb.)					
Alimentación de gas	Aire sin aceite, limpio y seco o nitrógeno					
Corte recomendado	32 mm	Velocidad de corte	500 mm/min			

COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD		INDUACERO	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.
SISTEMA		IMAGEN	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES			
Marca	CAMPBELL HAUSFELD		
Modelo	CE8801		
Serial	08025		
Motor HP	10		
Potencia	208-230/460 V		
Frecuencia	60 Hz		
Eficiencia	89,50%		
Factor de potencia	82,70%		
Fase	3		
CFM @ 90	37,6		
CFM @ 175	36		
Presión máxima	175 PSI		
RPM de la bomba	700		
Peso del equipo	378,76 Kg		
Consumo de corriente	27-24,4/12,2		
Ciclo de trabajo máximo	80/20		
Diámetro Salida	3/4 pulg (F) NPT		
Dimensiones (LxWxH)	69 pulg x 24 pulg x 66 pulg		
Temperatura máxima	40 °C		
Capacidad del Tanque	120 Gal.		
		CONTEXTO OPERACIONAL	
		ASPECTOS CLIMÁTICOS	Se encuentra instalado en la nave de acero al carbono, con una humedad relativa que alcanza el 88 % y temperatura ambiente que no supera los 22°C.
		FUNCIONAMIENTO	El motor funciona con energía eléctrica trifásica, impulsando una bomba de dos etapas de larga duración; mediante una transmisión por banda, diseñada para entregar más de 15000 horas de funcionamiento.
		PROCESO Y REDUNDANCIA	El proceso es por lotes ya que trabaja en tiempos parciales, al momento que el compresor llegue a fallar, entra a trabajar automáticamente el compresor que se encuentra a lado, con mismas características de placa.
		ESTÁNDARES DE CALIDAD	La elaboración del tanque de almacenamiento es fabricado bajo la norma ASME con el fin de cuidar la seguridad del operador y certificado bajo la norma ISO 9000 referente a la calidad del activo.
		ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES	No afecta al medio ambiente.
		RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	Por ser un sistema que trabaja a altas presiones se corre el riesgo que el tanque de almacenamiento presente fisuras y llegue a explotar provocando daños en la integridad física del operador.
		OPERACIÓN	El compresor CAMPBELL HAUSFELD opera desde las 8:00 am hasta las 17:00 pm de lunes a viernes de forma continua.
		ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	La pérdida es de \$25 por hora.
		REPUESTO	Cuando se produce fallos, en ese momento se recurre a la compra del repuesto.

SOLDADORA MULTIPROCESO MILLER		INDUACERO	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.	
SISTEMA		IMAGEN		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES		IMAGEN		
Marca	MILLER	DIMENSIONES ENTRE AGUJEROS		
Modelo	XMT-350	A		298 mm
Serial	MC050112V	B		42 mm
Entrada de poder	Trifásico	C		400 mm
Salida nominal	350 A- 34 VCD	D		485 mm
Ciclo de trabajo	60%	E		221 mm
Gama de voltaje	10-38 V	F		39 mm
Gama de amperaje	5-425 A	G		1/4-20 UNC
Volt de circuito abierto	75 VCD	CONTEXTO OPERACIONAL		
Nómina IP	IP 23	ASPECTOS CLIMÁTICOS	Se encuentra instalado en la nave de acero inoxidable, con una humedad relativa que alcanza el 77 % y temperatura ambiente que no supera los 18°C.	
Entrada de amperios RMS a la salida de carga nominal		FUNCIONAMIENTO	Es una soldadora multiproceso ya que puede realizar trabajos de soldadura MIG, TIC y MAG, se utiliza un gas inerte (argón) almacenado en un cilindro, el flujo de gas se regula mediante una válvula de control que es controlado por un botón en la antorcha.	
230 V	36,1	PROCESO Y REDUNDANCIA	El proceso que realiza la máquina es de forma continua, al momento que sufre algún fallo existe una máquina con las mismas características que la sustituye para que no exista retrasos en producción.	
380 V	22,3	ESTÁNDARES DE CALIDAD	Registrado con la norma ISO 9001 para calidad y la normativa IEC relacionado a lo eléctrico, electrónico y tecnología.	
400 V	20,6	ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES	El soldar puede causar fuego o crear explosiones provocando humo perjudicial al medio ambiente.	
460 V	17,8	RIESGOS PARA LA SEGURIDAD	Produce graves riesgos para el operador ya que los cilindros podrían estallar si están averiados y el amontamiento de gas puede enfermar o matar al operador.	
Consumo	14,2 kVA	OPERACIÓN	La soldadora MILLER opera en tiempos parciales, aproximadamente de 3 a 4 horas diarias durante los 5 días de la semana.	
Potencia	13,6 kW	ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	La pérdida es de \$50 por hora.	
Conexión de red	280-575 V	REPUESTO	Los repuestos se encuentran disponibles en bodega o son tomados de soldadoras obsoletas.	
Frecuencia	60 Hz			
Capacidad de Tanque	120 Gal.			
Fusible recomendado	16 A			
Dimensiones	432 x 318 x 610 mm			
Peso	42,4 Kg			

TALADRO RADIAL HARVEY		INDUACERO				INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.				
SISTEMA		IMAGEN				CONTEXTO OPERACIONAL				
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES						ASPECTOS CLIMÁTICOS				
Marca	HARVEY					Se encuentra bajo la cubierta de la nave del área de plegado y corte, con una humedad relativa de alrededor del 77% y la temperatura en esta área no supera los 18°C.				
Modelo	Z3050X16/1					FUNCIONAMIENTO				
Serial	201009217					La operación de mecanizado se da desde la caja de mandos, mediante la manipulación de botones y sus volantes.				
Voltaje	220 V					PROCESO Y REDUNDANCIA				
Frecuencia	60 Hz					Funciona por periodos de tiempos parciales, se cuenta con 2 taladros de similares características capaces de sustituirlo.				
Fases	3					ESTÁNDARES DE CALIDAD				
Potencia del motor principal	4 kW					La máquina cuenta con marcado CE.				
Corriente de carga completa	25 A					ESTÁNDARES MEDIO-AMBIENTALES				
Capacidad total	6,5 kVA					No afecta negativamente al medio ambiente.				
Diámetro máxima de perforación	50 mm					RIESGOS PARA LA SEGURIDAD				
Distancia entre el eje del husillo y la columna	350-1600 mm					Debido a que sus operaciones implican movimientos de la herramienta de perforación a muy altas revoluciones, involucra que se generen riesgo de atrapamiento hacia el operador.				
Distancia entre la punta del husillo y la superficie de trabajo de la placa base	320-1220 mm					OPERACIÓN				
Recorrido del husillo	315 mm					Diariamente cumple de entre 4 y 5 horas de trabajo de lunes a sábado				
Rango de velocidades del husillo (RPM)	25-2000 (16 pasos)					ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN				
Rango de avances del husillo (mm/r)	0,04-3,2 (16 pasos)					La pérdida es de \$100 por hora.				
Tamaño de la mesa	500x630 mm					REPUESTO				
Recorrido del cabezal del husillo	1250 mm					La disponibilidad de los repuestos para daños menores se encuentra en bodega, para grandes actividades de cambio es necesario realizar un pedido externo.				
Velocidad del husillo	16	MOTOR DEL HUSILLO				IMAGEN		MOTOR PRINCIPAL		IMAGEN
Velocidad de elevación	1,2 m/min	N°	11397	IP	44		N°	21351	RPM	
Ángulo de rotación del brazo	360°	TIPO	Y112M-4	RPM	1744 RPM		TIPO	Y90L-4	1699 RPM	
Torque máximo del husillo	400 Nm	POTENCIA	4 kW	FRECUENCIA	60 Hz		POTENCIA	1,5 kW	IP44	
Motor del husillo	1 kW	AMPERAJE	14,5 A	dB (A)	70		AMPERAJE	5,9 A	dB (A)	
Dimensiones generales (L X W X H)	2500 X 1070 X 2840 mm	CONEXIÓN	Triángulo	Voltaje	220 V		VOLTAJE	220 V	68	
Peso	3,5 Ton.									

MOTOSOLDADORA MILLER BIG BLUE 400XPRO		INDUACERO	INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA.		
SISTEMA		IMAGEN			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES		<p align="center">PARTES DEL PANEL DE CONTROL</p> 			
Marca	MILLER				
Modelo	400XPRO				
PROCESOS	Arco manual (SMAW)				
	MIG/MAG (GMAW)				
	TIG (GTAW)				
	Arco sumergido (SAW)				
	Soldadura de perno				
	Para atorchar				
Voltaje en vacío	73 OCV				
Rango/Amperaje	20-400 (Amps)				
Salidas	400 Amp. DC				
IP	IP23S				
ESPECIFICACIONES DEL MOTOR				CONTEXTO OPERACIONAL	
Marca del motor	Caterpillar 3013C Diesel			ASPECTOS CLIMÁTICOS	Se encuentra instalada en la nave del área de acero al carbono, con una humedad relativa que alcanza el 77% y temperatura ambiente que no supera los 18°C, no es apta para soldar bajo la lluvia.
Potencia	21,7 HP	FUNCIONAMIENTO	Puede generar 400 A, trabajando en un ciclo de trabajo al 100%, en el panel frontal se encuentra la perilla para el proceso de soldadura que se desea aplicar.		
Tipo	3 cilindros industrial, Diesel	PROCESO Y REDUNDANCIA	El proceso es continuo produciendo paro total del área, existe un equipo de reemplazo.		
Revoluciones	1850 r.p.m	ESTÁNDARES DE CALIDAD	Norma IEC 60974-1:2012; IEC 60974-10:2014 Parte 10.		
Combustible	43,5 L	ESTÁNDARES DE MEDIO AMBIENTE	Produce humo que es arrojado directamente hacia el medio ambiente.		
Cap. aceite	5,7 L	RIESGOS A LA SEGURIDAD	Produce monóxido de carbono por lo que se recomienda usarlo solo al aire libre.		
Cap. refrigerante	5,7 L	OPERACIÓN	Opera al momento que la empresa se queda sin suministro eléctrico y también es utilizada para que los contratistas realicen montajes.		
DIMENSIONES Y PESOS		ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN	La pérdida es de \$200 por hora.		
Altura	813 mm	REPUESTO	Los repuestos se encuentran disponibles en bodega.		
Ancho	660 mm				
Profundidad	1429 mm				
Peso sin combustible	458 kg				
Peso con combustible	495 kg				
ÁNGULOS DE OPERACIÓN					
					

ANEXO E: HOJAS DE INFORMACIÓN Y DECISIÓN FALTANTES.

Hojas de información del torno LOGAN

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-TL01	Sistema: Torno LOGAN	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 1
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Motor principal	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 3
Función	Falla funcional	Modos de falla		Efectos de falla			Consecuencia	
1 Crear movimiento rotativo para roscado y cilindrado de piezas metálicas con una velocidad de entre 300 – 1500 rpm.	A No crea movimiento rotatorio	1	Sobrecalentamiento del motor eléctrico por nula disipación de calor.	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla oculta: Reduce el rendimiento del motor presentando calor excesivo en la carcasa. ● No presenta daños a la seguridad. ● No presenta daños al medio ambiente. ● Efectos físicos daños a la propia máquina, calor y olor a quemado. ● Solución: Reparación del ventilador del motor eléctrico, con un costo de 50 USD. ● Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de inspección de \$50, con una pérdida de producción de 100 USD por hora. ● Probabilidad de ocurrencia: 2 veces al año. 	Falla oculta			
		2	Ruido anormal en rodamientos provocados por desgaste excesivo.	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla evidente: El motor eléctrico se apaga presentando excesiva temperatura en la parte frontal de la carcasa por desalineación del eje principal. ● No presenta daños a la seguridad. ● No presenta daños al medio ambiente. ● Efectos físicos vibraciones, ruido anormal, temperatura alta. ● Solución: Cambio del rodamiento, con un costo de 50 USD. ● Tiempo de parada aproximado: 4 horas, con un costo estimado de reparación de \$35 incluido mano obra, con una pérdida de producción de 50 USD por hora. ● Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	Operacionales			
	B No realiza el roscado y cilindrado especificado.	1	Desgaste adhesivo de los engranajes en la caja de avance.	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla oculta: Se produce desprendimiento del material por lubricante contaminado. ● No presenta daños a la seguridad. ● No presenta daños al medio ambiente. ● Efectos físicos fisuras, olores extraños. ● Solución: Cambio del juego de engranajes, con un costo de 75 USD. ● Tiempo de parada aproximado: de 24 a 48 horas, con un costo estimado de inspección de 80 USD, no existe pérdida de producción. ● Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Falla oculta			
		2	Atascamiento del carro transversal por partículas sólidas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Falla evidente: No permite el avance ni la operación del carro transversal. ● No presenta daños a la seguridad. ● No presenta daños al medio ambiente. ● Efectos físicos ruido, vibraciones de la máquina. ● Solución: Liberación del carro transversal. ● Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, con un costo estimado de 20 USD incluido mano obra, con pérdida de calidad del material mecanizado. ● Probabilidad de ocurrencia: 4 veces al año. 	Operacionales			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Función		Falla funcional	Modos de falla		Efectos de falla	Consecuencia
1	Generar potencia mecánica desde el motor principal al cabezal	A	No transmite potencia mecánica.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se encuentra fuera de operación, producido por la falta de lubricación. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos temperatura elevada, daños a la propia máquina. • Solución: cambio de ruedas dentadas con un costo de 50 USD. • Tiempo de parada aproximado: de 24 a 48 horas, con un costo estimado de 50 USD incluido mano obra, con pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales
				2	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Inactividad de la máquina, se produce por desprendimiento del material por lubricante contaminado. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos fisuras, olores extraños, temperaturas elevadas. • Solución: Cambio de ruedas dentadas con un costo de 75 USD • Tiempo de parada aproximado: de 24 a 48 horas, con un costo estimado de inspección de 80 USD, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	No operacionales
		B	Transmite parcialmente potencia mecánica.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: Pérdida de potencia en el sistema de transmisión, provocando pérdidas de tiempo en operación y entrega. • Si existe amenaza a la seguridad: atrapamiento de extremidades. • No existe amenaza a la seguridad. • Efectos físicos daños a la propia máquina, ruido excesivo, fisuras. • Solución: tensionado de correas. • Tiempo de parada aproximado: de 24 a 48 horas, con un costo estimado de 60 USD incluido mano obra, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	Falla oculta
				2	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Pérdida de potencia, produce ruidos anormales para el oído del ser humano. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos ruido, vibraciones. • Solución: Alineación de centros de polea. • Tiempo de parada aproximado: de 1 a 2 horas, con un costo estimado de 50 USD incluido mano obra, con pérdida de producción 100 USD por hora. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	Operacionales

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Función		Falla funcional	Modos de falla		Efectos de falla	Consecuencia
1	Guiar y soportar el carro transversal del torno.	A	Guía y soporta parcialmente el carro transversal.	1	<p>Atascamiento de componentes móviles por partículas sólidas en el área de la bancada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Produce piezas mal mecanizadas saliéndose de los estándares de calidad. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos ruidos anormales, temperatura elevada. • Solución: liberar los componentes móviles, el encargado es el técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 30 a 60 min, con un costo estimado de 10 USD incluido mano obra, con pérdida de producción de 100 USD por hora. • Probabilidad de ocurrencia: seis veces al día. 	Operacionales
				2	<p>Ejes atascados por falta de lubricación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Se produce atascamiento por falta de lubricación y por una mal operación del activo. • Si existe amenaza a la seguridad: atrapamientos al momento de reparar el activo. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos vibraciones, ruido excesivo. • Solución: liberación de ejes atascados un costo de 5 USD, lo realiza el técnico de mantenimiento. • Tiempo de parada aproximado: de 24 a 72 horas, con un costo estimado de reparación de 50 USD incluido mano obra, con pérdida de producción de 100 USD por hora. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	Seguridad
				3	<p>Ruidos anormales por vibración en la bancada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Daños sensoriales al operador y a los demás trabajadores. • Si existe amenaza a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos daños a la propia máquina, vibraciones. • Solución: ajustar pernos de anclaje. • Tiempo de parada aproximado: de 1 a 4 horas, con un costo estimado de 40 USD incluido mano obra, con pérdida de producción de 100 USD por hora. • Probabilidad de ocurrencia: seis veces al año. 	Seguridad

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de decisión del torno LOGAN

HOJA DE DECISIÓN RCM																		
			Empresa: INDUACERO Cía Ltda.				Código del sistema: EI-PC-TL01			Sistema: Torno LOGAN			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N°: 1	
			Área: Plegado y corte										Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De: 1	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia inicial		A realizarse por	
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
Subsistema: MOTOR PRINCIPAL																		
1	A	1	N	N	N	S	S	---	---	---	---	---	Inspección mediante termografía.	52 semanas	Contratación externa			
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N	---	---	---	Trabajo al fallo Cambio del rodamiento.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	1	N	N	N	N	S	---	---	---	---	---	Inspección del aceite (partículas).	52 semanas	Contratación externa			
1	B	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza del carro transversal.	4 semanas	Ayudante de mantenimiento			
Subsistema: TRANSMISIÓN DE POLEAS																		
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Inspección de ruedas dentadas	52 semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	A	2	N	N	N	N	S	---	---	---	---	---	Inspección del aceite (partículas).	52 semanas	Contratación externa			
1	B	1	S	S	N	N	S	---	---	---	---	---	Alineación de correas con equipos especializado.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	2	S	N	N	S	S	---	---	---	---	---	Alineación de centros de poleas con equipos especializado.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento			
Subsistema: BANCADA																		
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza de la bancada.	4 semanas	Operador			
1	A	2	S	S	N	S	N	S	---	---	---	---	Inspección de puntos de lubricación.	52 semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	A	3	S	S	N	S	---	---	---	---	---	N	Instalación de amortiguadores en los soportes del torno.	52 semanas	Técnico. de Mantenimiento			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la fresadora FEXAC.

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 1
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Motor principal	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 9
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
1	Generar energía rotacional a 1735 rpm.	A	No generar energía rotacional.	1	Bobinado quemado por sobrecargas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: Se excede la corriente nominal que soportan los bobinados provocando la no generación de energía. • No produce daños a la seguridad. • No produce daños al medio ambiente. • Efectos físicos: calor y olor a quemado. • Solución: rebobinado del motor con un costo de 200 USD, contratación externa • Tiempo de parada aproximado: se estima de 24 a 48 horas, con un costo aproximado de inspección de \$150, con una pérdida de producción de \$200 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Falla oculta	
		B	Generar energía rotacional menor a 1735 rpm.	2	Escobillas desgastadas por partículas sólidas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: pérdida de potencia del motor, la energía suministrada es intermitente • No produce daños a la seguridad • No produce daños al medio ambiente. • Efectos físicos: temperatura alta en la carcasa. • Solución: Cambio de escobillas. • Tiempo de parada aproximado: 1 horas, con un costo estimado de reparación de \$15 incluido mano obra, con una pérdida de producción de \$50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	Falla oculta	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 2
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Mesa	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 9
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
1	Mantener y soportar la pieza a nivel para su mecanizado	A	Incapaz de mantener y soportar la pieza a mecanizar	1	El terreno base por cede desnivel.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Mal mecanizado de la pieza por existir desniveles. • No existe daños al medio ambiente. • No existe daños a la seguridad. • Efectos físicos: daños a la pieza a mecanizar. • Solución: Instalación de soportes en la base de la mesa. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$10, afecta a la calidad de mecanizado de la pieza. • Probabilidad de ocurrencia: seis veces al año. 	Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 3
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Sistema de transmisión	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 9
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
1	Transmitir energía rotacional	A	No transmitir energía rotacional.	1	Disminución de la sección longitudinal de la banda por desgaste.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No transmite la rotación por exceso de tensión en las bandas. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos fisuras, desgaste, temperatura excesiva. • Solución: Cambio de la banda de transmisión con un costo de 50 USD. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de inspección de \$30, con una pérdida de producción de \$50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 		Operacionales
				2	Deshilado de la banda por sobretensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La transmisión de rotación es deficiente debido al exceso de trabajo. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: ruido anormal, temperatura alta. • Solución: Sustitución de la banda con un costo de 50 USD. • Tiempo de parada aproximado: 2 horas, con un costo estimado de reparación de \$30 incluido mano obra, con una pérdida de producción de \$50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 		Operacionales

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 4
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Tornillo sin fin de avance	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 9
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
1	Generar el avance de la mesa en dirección X, Y y Z	A	No genera el avance.	1	Daño en el tornillo por fatiga y picaduras.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No se produce los avances de la mesa debido a la fatiga del material. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos ruido extraño. • Solución: Reemplazo del tornillo sin fin. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 4 a 6 horas, con un costo aproximado de reemplazo de \$100, con una pérdida de producción de \$100 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 		Operacionales.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 5	
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Caja de velocidades		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 9	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1	Capaz de controlar la velocidad en los avances XYZ	A	Incapaz de controlar la velocidad en los avances XYZ	1	Desgaste de ejes y engranajes por falta de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La velocidad de avance es incontrolable y existe fallas en la transmisión. • Si existe amenaza a la seguridad: Golpes y aplastamientos al operador. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos daños a la propia máquina, ruido extraño. • Solución: cambio de engranajes desgastados. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 24 a 48 horas, con un costo aproximado de reparación de \$50, con una pérdida de producción de \$150 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 				Operacionales		
				2	Sistema eléctrico averiado por sobrecargas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No permite que se realice la transmisión de rotación a los ejes por mal seleccionamiento de conductores. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos temperatura alta, humo, olores extraños. • Solución: Reemplazo de elementos eléctricos dañados. • Tiempo de parada aproximado: 3 horas, con un costo estimado de reparación de \$75 incluido mano obra, con una pérdida de producción de \$150 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 				Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 6	
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Palancas de avance		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 9	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1	Mover la mesa en varias direcciones.	A	No mover la mesa	1	Ruptura de la palanca por fatiga al aplicar demasiada fuerza.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Es imposible mecanizar la pieza por la ruptura de la palanca. • Daños a la seguridad • Daños al medio ambiente • Efectos físicos daños a la propia máquina. • Solución: cambio de la palanca de avance. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de reparación de \$50, con una pérdida de producción de \$100 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 				Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 7	
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Caja del sistema eléctrico		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 9	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1	Capaz de mantener encendidos todos los elementos eléctricos.	A	Incapaz de mantener encendidos los elementos eléctricos.	1	Cortocircuito en la caja de control eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No existe la circulación de energía eléctrica por el circuito por ende no se encienden los elementos eléctricos. • Si existe amenaza a la seguridad: quemaduras externas e internas. • No existe amenaza a la seguridad. • Efectos físicos humo y olor a quemado. • Solución: Cambio de elementos eléctricos. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 24 a 48 horas, con un costo aproximado de reparación de \$150, con una pérdida de producción de \$100 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 				Seguridad		
				2	Componentes eléctricos y electrónicos quemados por sobretensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No es posible encender la fresadora. • No existe amenaza a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos humo y olor a quemado. • Solución: Cambio de componentes eléctricos y electrónicos. • Tiempo de parada aproximado: 4 a 6 horas, con un costo estimado de reparación de \$150 incluido mano obra, con una pérdida de producción de \$100 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 				Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 8	
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Fresa		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 9	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1	Transmitir movimiento para crear superficies planas	A	No transmitir movimiento.	1	Fresa desgasta por fatiga.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Imposible mecanizar la pieza debido a la fatiga existente en la fresa. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos temperatura alta, color extraño, olor extraño • Solución: Cambio de la herramienta (Fresa). • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de reemplazo de \$25, con una pérdida de producción de \$100 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 				Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-FF01	Sistema: FRESADORA FEXAC		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 9	
		Área: Plegado y corte			Subsistema: Refrigeración		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 9	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1 Capaz de refrigerar piezas y herramientas de operación.		A No refrigera piezas y herramientas de operación.		1 Taponamiento de cañerías por la suciedad del aceite de refrigeración.		<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Presenta calentamiento en la pieza que se está mecanizando al estar los filtros obstruidos por suciedad. • No existe daños al medio ambiente. • No existe daños a la seguridad. • Efectos físicos: temperaturas elevadas en la pieza ha mecanizar. • Solución: limpieza de la línea de lubricación. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de inspección de \$50, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 				No operacionales		
				2 Bajo nivel de aceite y fugas en la bomba por sellos averiados.		<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: No existe continuidad de aceite refrigerante ya que los sellos o empaques se encuentran averiados. • Si existe daños al medio ambiente: Derrames en el piso. • No existe daños a la seguridad. • Efectos físicos: temperatura alta en la pieza, olores extraños. • Solución: Reemplazo de los sellos. • Tiempo de parada aproximado: de 4 a 6 horas, con un costo estimado de reparación de \$35 incluido mano obra, no existe perdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 				Falla oculta		
				3 Cañerías rotas por fatiga y altas presiones.		<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Derrames de aceite por cañerías rotas debido a la alta presión que maneja el sistema de refrigeración. • No existe amenaza a la seguridad. • Si existe daños al medio ambiente: Derrames en el piso. • Efectos físicos: olores extraños, fisuras o grietas. • Solución: Cambio de las cañerías. • Tiempo de parada aproximado: de 2 a 4 horas, con un costo estimado de reparación de \$50 incluido mano obra, no existe perdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 				Ambientales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decisión de la fresadora FEXAC.

HOJA DE DECISIÓN RCM																				
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-PC-TL01				Sistema: FRESADORA FEXAC			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021		Hoja N°: 1	
			Área: Plegado y corte											Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021		De: 2	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas			Frecuencia inicial		A realizarse por		
							S1	S2	S3											
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
Subsistema: MOTOR PRINCIPAL																				
1	A	1	N	N	N	S	N	N	N	S	---	---	Limpieza de las aspas del ventilador.		52 semanas	Técnico. de Mantenimiento				
1	B	2	N	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de las escobillas.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento				
Subsistema: MESA																				
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Revisar el nivel de la mesa.		26 semanas	Técnico. de Mantenimiento				
Subsistema: TRANSMISIÓN																				
1	A	1	N	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección de la banda.		26 semanas	Técnico. de Mantenimiento				
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Reemplazo de la banda.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento				
Subsistema: TORNILLO SIN FIN DE AVANCE																				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Reemplazo del tornillo sin fin.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento				
Subsistema: CAJA DE VELOCIDADES																				
1	A	1	N	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Lubricación y cambio de engranajes desgastados.		52 semanas	Técnico. de Mantenimiento				
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Sustitución de elementos eléctricos.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento				
Subsistema: PALANCA DE AVANCES																				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de la palanca de avance.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento				
Subsistema: CAJA DEL SISTEMA ELÉCTRICO																				
1	A	1	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Revisión del sistema eléctrico.		12 semanas	Técnico. de Mantenimiento				
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de componentes eléctricos y electrónicos.		Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento				

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

HOJA DE DECISIÓN RCM

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-PC-TL01		Sistema: FRESADORA FEXAC		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N°: 2						
		Área: Plegado y corte				Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De: 2								
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia inicial		A realizarse por	
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
Subsistema: FRESA																		
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de la herramienta corte.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento			
Subsistema: REFRIGERACIÓN																		
1	A	1	N	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Limpieza y revisión de filtros.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	A	2	N	N	S	N	N	N	S	---	---	---	Reemplazo de los sellos.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento			
1	A	3	S	N	S	N	N	S	---	---	---	---	Inspeccionar mangueras y cañerías.	26 semanas	Técnico. de Mantenimiento			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la cizalla FERRY b.b.b.

		EMPRESA: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-PC-CF01	SISTEMA Cizalla Ferry b.b.b.		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 1	
		Área: Plegado y Corte			SUBSISTEMA Hidráulico		Revisado por. Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 2	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1	Garantizar que la presión en las cuchillas de corte no sea menor a $220 \frac{kg}{m}$.	A	Incapaz de generar presión de corte en las cuchillas inferior a $220 \frac{kg}{m}$.	1	Depósito de aceite estropeado por golpes y grietas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Para el personal de mantenimiento, durante una inspección rutinaria el aceite puede ser observado bajo el tanque y su contorno. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: restaurar la condición del tanque y rellenarlo con aceite teniendo en cuenta el nivel requerido para la operación. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo estimado para la reparación del equipo es de 5 horas, generando pérdidas que alcanzan los 75\$ aprox. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 				Operacionales		
				2	Motobomba trabada por acumulación de partículas en el aceite.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El equipo es incapaz de generar trabajo al accionar los mandos. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Desmontaje y limpieza interna de motobomba. • Tiempo de parada aproximado: Tiempo considerado para activar el equipo aproximadamente de 8 horas, con pérdidas económicas en producción de alrededor 100\$. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 				Operacionales		
				3	Rotura de líneas hidráulicas, por sobrepresión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Presencia de fugas y derrame de aceite a través por las cañerías. • No existe daños a la seguridad genera riegos a la seguridad. • Si afecta el medio ambiente de manera mínima. • Solución: refacción en tuberías obsoletas y rellenado de aceite hidráulico en el sistema. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo para reactivar el sistema bordea las 3 horas, alcanzando pérdidas económicas de producción de alrededor 100\$. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 				Ambientales		
				4	Pistones hidráulicos no cumplen carrera total por bajo nivel de aceite en el depósito.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La cuchilla superior no desciende directamente, ocasionando baja presión que imposibilita el corte. • No existe daños a la seguridad genera riegos a la seguridad. • Si afecta el medio ambiente de manera mínima. • Solución: cambio de sellos en los cilindros y de ser necesario llevar a cabo el rellenado del nivel del aceite hidráulico. • Tiempo de parada aproximado: alcanza 1 hora, es necesario que el equipo se encuentre fuera de servicio para atacar el problema. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 				Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		EMPRESA: INDUACERO CÍA. LTDA.	Código del sistema: EI-PC-CF01	SISTEMA Cizalla Ferry b.b.b.	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 2	
		Área: Plegado y Corte		SUBSISTEMA Hidráulico	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 2	
Función	Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla			Consecuencia		
2	A	1	Rodamientos de motor agarrotados por mala lubricación y sobreesfuerzos.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Imposibilita el posicionamiento de la cuchilla inferior. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Para restaurar la función del activo es necesario desmontar el motor y ejecutar el cambio de rodamientos, y verificar la lubricación en los mismas. • Tiempo de parada aproximado: Las acciones de restauración toman un tiempo estimado de 2 horas, para lo cual el equipo queda fuera de servicio completamente. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 			Operacionales	
		2	Motor quemado por falso disparo en protección.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Para identificar el modo de fallo, es necesario inspeccionar el gabinete de control. • No existe daño a la seguridad. • No existe daño al medio ambiente. • Solución: Las acciones de mantenimiento incluyen: rebobinado del motor, rebarnizado, y toma de medidas de voltaje y corriente. • Tiempo de parada aproximado: Los tiempos de reparación considerados alcanzan 2 días, generando pérdidas económicas en la producción de alrededor 200\$aprox. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 			Operacionales	
		3	Cuchillas bloqueadas por mal ángulo del cortante.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La cuchilla superior está incorporada al cortante, la inclinación de esta incide directamente en la calidad del corte. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente • Solución: Es necesario realizar la calibración automática o manual del ángulo del cortante. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 			Operacionales	
		4	Gatos de precisión desalineados, por sobre presión contra la mesa.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La cuchilla superior se eleva y estos presentan aflojamiento o cierto juego entre ellos. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Es necesario realizar el reapriete y ajuste de los gatos contra la cuchilla de corte. • Tiempo de parada aproximado: El periodo de restauración aproximadamente es de 30 minutos, con la máquina fuera de servició. • Probabilidad de ocurrencia: cuatro veces al año. 			Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decisión de la cizalla FERRY b.b.b

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-PC-CF01			Sistema: Cizalla FERRY b.b.b			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1
			Área: Plegado y corte							Subsistema: Hidráulico			Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 1
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Rellenado del nivel de aceite lubricante en el depósito.	Semanal	Técnico de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza interna de motobomba, filtrado de aceite hidráulico completo del sistema.	26 Semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	3	S	N	S	N	N	N	---	---	---	S	Revisión, recalibración de válvula de seguridad, refacción en tuberías obsoletas y relleno de aceite hidráulico en el sistema.	26 Semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	4	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Revisión, recalibración de válvula de seguridad, refacción en tuberías obsoletas y relleno de aceite hidráulico en el sistema.	4 Semanas	Técnico de Mantenimiento	
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de rodamientos del motor, y verificación de la lubricación en los mismos.	Sin frecuencia	Técnico de Mantenimiento	
2	A	2	S	N	N	S	S	---	---	---	---	---	Revisión de la protección (guardamotor) y toma de medidas de voltaje y corriente.	Semanal	Técnico de Mantenimiento	
2	A	3	S	N	N	S	S	---	---	---	---	---	Calibración automática o manual del ángulo del cortante.	Semanal	Técnico de Mantenimiento	
2	A	4	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Reapriete y ajuste de los gatos contra la cuchilla de corte.	Semanal	Técnico de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información del compresor CAMPBELL HAUSFELD.

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del sistema: EI-AC-CC01	Sistema: COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja A 1		
		Área: Acero al carbono			Subsistema: Motor del compresor		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De: 4		
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla						Consecuencia	
1	Girar a 1750 rpm	A	No gira	1	Corto circuito en conexiones del motor por sobrecarga.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Parada total del compresor, el corto circuito se presenta por sobrecargas en los relés térmicos. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: calor, humo, daños a la propia máquina. • Solución: cambio de los cables de conexión. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de \$50, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 						Operacionales	
				2	Rodamientos trabados por partículas sólidas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El eje del motor no gira por la contaminación que existe en los rodamientos. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: sobrecalentamiento, ruido extraño, vibraciones. • Solución: Cambio de rodamientos y lubricación periódica. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 2 a 3 horas, con un costo aproximado de reparación de \$30, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 						No operacionales	
		B	Gira menos de 1750 rpm	1	Aislamiento en el devanado principal provocado por la humedad.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: A largo plazo se puede producir un cortocircuito, parando totalmente el funcionamiento del compresor. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina, • Solución: reparación del motor enfocado en el devanado. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 24 a 48 horas, con un costo aproximado de reparación de \$150, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 						No operacionales	
				2	Fugas de corriente en cable de alimentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: No gira a la velocidad deseada con bajo rendimiento en el compresor. • Si existe amenaza a la seguridad: quemaduras, contracciones musculares. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina, calor provocado por un corto circuito. • Solución: Cambio del cable de alimentación. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$50. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 						Falla oculta	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia	
Componente: TANQUE DE ALMACENAMIENTO									
1	Almacenar aire comprimido	A	No almacenar aire comprimido	1	Fisuras del tanque por sobrepresión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al existir fisuras o roturas en el tanque de almacenamiento se producen fugas de aire. • Si existe amenaza a la seguridad: puede ocasionar explosiones del activo ocasionando daños a la integridad física del operador. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos Sonidos extraños. • Solución: rellenado mediante soldadura en frio. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de inspección de \$50, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Seguridad		
Componente: VÁLVULA DE SEGURIDAD									
1	Desfogar el aire comprimido del tanque hacia la atmosfera cuando la presión sobrepase los 175 PSI.	A	No desfoga el aire comprimido	1	Motor quemado por sobrecalentamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Paro total del activo debido a la explosión que puede ocasionar. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos olores extraños, humo. • Solución: Rebobinado del motor. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 24 a 48 horas, con un costo aproximado de reparación de \$150, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	No operacionales		
		B	Se demora mucho tiempo al desfogar el aire comprimido.	1	Válvula de seguridad atascada por falta de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: Demora en el desfogue del aire comprimido causado por la no abertura total de la válvula. • Si existe amenaza a la seguridad: explosión del tanque de almacenamiento provocando lesiones en la integridad física del operador. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos Ruido extraño, daños a la propia máquina. • Solución: cambio de la válvula de seguridad. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 min, con un costo aproximado de \$15, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	Falla oculta		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.	Código del sistema: EI-AC-CC01	Sistema: COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 3
		Área: Acero al carbono		Subsistema: Compresor	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 4
Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla		Consecuencia	
Componente: COMPRESOR							
1	A	No ser capaz de comprimir aire	1	Componentes internos dañados (bandas, válvulas).	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El compresor no trabaja continuamente y presenta apagado. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos daños a la propia máquina, ruidos anormales. • Solución: Sustitución de componentes mecánicos. • Tiempo de parada aproximado: se estima 2 a 4 horas, con un costo aproximado de \$100, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 	No operacionales.	
			2	Altas temperaturas por exceso de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El compresor se apaga de forma imprevista por lo que hay que esperar que se enfríe para que nuevamente entre en operación. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos calor, daños a la propia máquina. • Solución: Cambio del filtro de aire, limpieza del radiador. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de \$50, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	No operacionales.	
	B	Suministra aire menor a 175 PSI	1	Filtro de admisión de aire taponados por polvo.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No permiten el paso de aire. • Si existe amenaza a la seguridad: enfermedad a las vías respiratorias. • Si existe daños al medio ambiente: Afecta la calidad del aire. • Efectos físicos polvo, sonido extraño. • Solución: Sopleado de los filtros de admisión. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 15 a 30 min, con un costo de limpieza de \$10, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	Seguridad	
			2	Sensores dañados por sobrecargas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Genera señales erráticas que ayudan a la generación de fallas. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos humo, calor, olores extraños. • Solución: Cambio del sensor. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 4 a 8 horas, con un costo aproximado de inspección de \$80, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	No operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencia	
Componente: BANDAS						
1	Transmitir movimiento del motor eléctrico hacia el compresor.	A	No es capaz de transmitir movimiento del motor eléctrico hacia el compresor.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Potencia baja del motor presentando fatiga por exceso de trabajo diario. • Si existe amenaza a la seguridad: Atrapamientos de extremidades. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos ruidos anormales. • Solución: Tensionar las bandas siguiendo un procedimiento. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 2 a 4 horas, con un costo aproximado de \$25, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	Seguridad
				2	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No hay conexión por medio de una banda entre el motor eléctrico y el compresor • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos daños a la propia máquina, ruidos anormales. • Solución: Cambio de la banda. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 2 a 4 horas, con un costo aproximado de \$30, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	No operacionales
Componente POLEA DEL MOTOR						
1	Transmitir el movimiento que produce el motor eléctrico a través de un eje.	A	Baja transmisión de movimiento.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Desgaste de las bandas, potencia baja • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos calor, ruidos anormales, vibraciones. • Solución: Alineación con equipos especializados. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 2 a 6 horas, con un costo aproximado de alineación de \$100, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	No operacionales
		B	No transmite movimiento.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No hay conexión por medio de una banda entre el motor eléctrico y el compresor. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos daños a la propia máquina, ruidos anormales. • Solución: Cambio de bandas. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 2 a 4 horas, con un costo aproximado de \$30, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces al año. 	No operacionales

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decisión del compresor CAMPBELL HAUSFELD.

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía Ltda.				Código del sistema: EI-AC-CC01			Sistema: COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1
			Área: Acero al carbono										Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 2
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
Subsistema: MOTOR DEL COMPRESOR																
1	A	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Revisión de las conexiones eléctricas en tiempos determinados.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio del rodamiento.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Reparación del motor eléctrico.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	2	N	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Revisión de las conexiones eléctricas en tiempos determinados.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	
Subsistema: COMPRESOR / TANQUE DE ALMACENAMIENTO.																
1	A	1	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Limpieza y revisión de filtros.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	
Subsistema: COMPRESOR / VÁLVULA DE SEGURIDAD																
1	A	1	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección de las aspas del ventilador.	52 Semanas	Contratación externa	
1	B	1	N	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Limpieza y pruebas de válvula de seguridad.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	
Subsistema: COMPRESOR																
1	A	1	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Sustitución de componentes electrónicos.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Limpieza del radiador.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	1	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Limpieza de filtro de admisión.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	
1	B	2	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Revisar estado del sensor.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

HOJA DE DECISIÓN RCM

			Empresa: INDUACERO Cía Ltda.				Código del sistema: EI-AC-CC01			Sistema: COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington			Fecha: 27/01/2021		Hoja N°: 2							
			Área: Acero al carbono										Revisado por: Ing. César Gallegos			Fecha: 29/01/2021		De: 2							
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1			H2			H3			Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas			Frecuencia inicial		A realizarse por	
							S1			S2			S3												
							O1			O2			O3												
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4													
Subsistema: TRANSMISIÓN / BANDAS																									
1	A	1	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	Tensionado de bandas.			12 Semanas		Técnico. de Mantenimiento							
1	A	2	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio de la banda.			Sin frecuencia		Técnico. de Mantenimiento							
Subsistema: TRANSMISIÓN / POLEA DEL MOTOR																									
1	A	1	S	N	N	N	S	---	---	---	---	---	Alineación con equipos especializados.			26 Semanas		Técnico. de Mantenimiento							
1	B	1	S	N	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio de bandas.			Sin frecuencia		Técnico. de Mantenimiento							

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la soldadora multiproceso MILLER.

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-AI-SM01	Sistema: Soldadora multiproceso MILLER	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellintón		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 1	
		Área: Acero Inoxidable				Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De: 2	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia	
1	Soldar 2 o más piezas metálicas de diferentes dimensiones con una potencia de 13.6 Kw utilizando material de aporte	A	No Suelta	1	Atascamiento del material de aporte contra el rodillo.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Dificultad para que el electrodo cumpla su recorrido por la acumulación de impurezas o partículas sólidas. • No existe daño a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos ruido extraño, daños a la propia máquina. • Solución: Liberación del material de aporte utilizando aire comprimido. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 15 a 30 min, con un costo aproximado de \$5, existe retrasos en producción. • Probabilidad de ocurrencia: seis veces al año. 				Operacionales	
				2	Taponamiento de la boquilla de salida de la pistola de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Taponamiento por impurezas interrumpiendo la salida del gas inerte por la boquilla. • Si existe amenaza a la seguridad: daños a las vías respiratorias. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina. • Solución: Limpieza de la boquilla o cambio de la misma. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de \$30, existe retrasos en producción. • Probabilidad de ocurrencia: seis veces al año. 				Seguridad	
				3	Terminales del cable de alimentación en mal estado por cortocircuito.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La soldadora no enciende, se genera un cortocircuito por existir cables pelados. • Si existe amenaza a la seguridad: fibrilación muscular, quemaduras. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos Humo, olores extraños. • Solución: cambio de los terminales del cable. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 45 min, con un costo aproximado de reparación de \$30, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: 2 veces cada año. 				Seguridad	
	B	Suelta con una potencia menor a 13.6 kW	1	Fugas en la manguera de gas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El equipo no opera en condiciones normales al existir un corte • Si existe amenaza a la seguridad: daños a las vías respiratorias. • Si existe daños al medio ambiente: el gas compuesto de argón se escapa al medio ambiente. • Efectos físicos: ruidos extraños, olores extraños. • Solución: Cambio de la manguera de gas. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 10 a 15 min, con un costo aproximado de reparación de \$150, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: 2 veces cada año. 				Seguridad		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.	Código del sistema: EI-AI-SM01	Sistema: Soldadora multiproceso MILLER	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 2
		Área: Acero Inoxidable			Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 2
Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla	Consecuencia		
			2 Antorcha tapada por partículas sólidas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Deficiencia en el acabado y cordón de soldadura por desgaste de boquillas y filtros. • No existe daño a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina, ruido extraño. • Solución: destapar la antorcha utilizando aire comprimido. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$20, deficiencia de calidad en el material terminado. • Probabilidad de ocurrencia: Diez veces cada año. 	Operacionales		
			3 Descalibración en los manómetros por falta sobrepresión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La presión para soldar entre piezas es baja creando porosidad y rebabas en el material. • No existe daño a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos sobrepresión, daños a la propia mecánica. • Solución: calibración de los manómetros. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo aproximado de \$25, deficiencia de calidad en el material terminado. • Probabilidad de ocurrencia: seis veces cada año. 	Operacionales		
			4 Válvula reguladora mal acoplada.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Fugas de gas y discontinuidad para soldar. • Si existe amenaza a la seguridad: daños a las vías respiratorias. • Si existe daños al medio ambiente: el gas escapa hacia a la atmósfera. • Efectos físicos: daños a la propia máquina, olores extraños. • Solución: Ajuste de la válvula reguladora. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 15 a 30 min, con un costo aproximado de \$10, no existe pérdida de producción. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces cada año. 	Seguridad		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la soldadora multiproceso MILLER.

HOJA DE DECISIÓN RCM																	
			Empresa: INDUACERO Cía Ltda.				Código del sistema: EI-AC-CC01			Sistema: Soldadora multiproceso MILLER			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1	
			Área: Acero inoxidable										Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 1	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4					
			N1	N2	N3	O1	O2	O3									
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza del rodillo utilizando aire comprimido.	4 Semanas	Ayudante de mantenimiento		
1	A	2	S	S	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza de las boquillas	4 Semanas	Técnico. de Mantenimiento		
1	A	3	S	S	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio de los terminales del cable de alimentación.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento		
1	B	1	S	S	S	N	N	N	S	---	---	---	Cambio de la manguera de gas.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento		
1	B	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Revisar el estado de las boquillas y filtros.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento		
1	B	3	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Calibrar los manómetros.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento		
1	B	4	S	S	S	N	N	S	---	---	---	---	Verificar que las válvulas estén bien acopladas.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la mesa de corte HYPER THERM.

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del sistema: EI-CP-MH01	Sistema: Mesa de corte HYPER THERM	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 1
		Área: Conformado y plasma				Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 2
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla		Consecuencia
1	Cortar láminas de acero de 32 mm por plasma oxígeno a una velocidad de corte de 500mm/min.	A	No corta las láminas de acero.	1	Cables rotos por exceso de voltaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No existe circulación de corriente eléctrica por existir ruptura en el cable de alimentación. • Si existe amenaza a la seguridad: quemaduras, contracciones musculares, paros cardiacos. • No existe amenaza al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina. • Solución: Cambio del cable de alimentación. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 15 a 30 min, con un costo de reemplazo aproximado de \$30, con pérdida de producción de \$ 50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Seguridad	
				2	Mordaza de la pinza de masa desgastada.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: No se puede realizar el corte de láminas por no existir contacto de la pinza con el cable de la masa y no cerrar el circuito. • No existe amenaza al medio ambiente. • No existe daño a la seguridad. • Efectos físicos: daños a la propia máquina. • Solución: Reemplazar la pinza de masa. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo de reemplazo aproximado de \$20, con pérdida de producción de \$100 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Operacionales	
				3	Desgaste del interruptor por excesivas pulsaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al pulsar el interruptor la máquina no se enciende debido al desgaste. • No existe amenaza al medio ambiente. • No existe daño a la seguridad. • Efectos físicos: Humo, olores extraños, rotura de la caja del interruptor. • Solución: cambio del interruptor. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 45 min, con un costo aproximado de reparación de \$20, con pérdida de producción de \$75 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Seguridad	
	B	La velocidad de corte es menor a 500 mm/min.	1	Boquilla desgastada por exceso de temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Cortes imprecisos, con mayor duración de tiempo para cortar las láminas de acero. • Si existe amenaza a la seguridad: irritación en ojos y nariz, daños pulmonares, por el humo producido. • Si existe daños al medio ambiente: gases tóxicos desechados al medio ambiente. • Efectos físicos: sobre temperatura, olores extraños. • Solución: cambio de la boquilla. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$20, con pérdida de producción de \$50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Seguridad		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO CÍA. LTDA.	Código del sistema: EI-CP-MH01	Sistema: Mesa de corte HYPER THERM	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 2
		Área: Conformado y plasma			Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De: 2
Función	Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla			Consecuencia	
		2 Desperfecto del cabezal por mal uso.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Cortes imprecisos del material con arco eléctrico de baja luminosidad. • No existe amenaza al medio ambiente. • No existe daño a la seguridad. • Efectos físicos: ruido extraño, arco eléctrico de baja luminosidad. • Solución: Reemplazar el cabezal. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 45 min, con un costo aproximado de \$15, con retrasos en producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 			Operacionales	
		3 Desgaste de los empaques del filtro de aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La calidad del corte es mala, al momento que se infiltran impurezas por los empaques desgastados. • No existe amenaza al medio ambiente. • No existe daño a la seguridad. • Efectos físicos: ruidos anormales, elevación de la temperatura. • Solución: Cambio de los empaques del filtro • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo de \$25, afectación de la calidad de corte. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 			Operacionales	
		4 Rotura parcial de la manguera de antorcha.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La calidad del corte es mala, al no conducirse aire comprimido por la manguera de antorcha en su totalidad, la cual no permite que se realice la combustión completa. • No existe amenaza al medio ambiente. • No existe daño a la seguridad. • Efectos físicos: ruidos anormales. • Solución: cambio de la manguera de la antorcha. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 45 min, con un costo aproximado de \$30, se produce retrasos en el tiempo de corte. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 			Operacionales	
		5 Fugas en el circuito de alimentación de aire por sobrepresión.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Mala calidad de corte en las láminas de acero y aumento en el tiempo de velocidad de corte. • No existe amenaza al medio ambiente. • No existe daño a la seguridad. • Efectos físicos: ruidos anormales, daños a la propia máquina. • Solución: Reemplazo de la manguera de aire. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$30, afectación de la calidad de corte y retrasos en el tiempo de corte. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 			Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decisión de la mesa de corte HYPER THERM.

HOJA DE DECISIÓN RCM																		
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-CP-MH01			Sistema: Mesa de corte HYPER THERM				Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1	
			Área: Conformado y plasma											Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 1	
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por		
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4						
1	A	1	S	S	N	S	N	S	---	---	---	---	Inspección del cable de alimentación.	52 Semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de la pinza de masa.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento			
1	A	3	S	S	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio del interruptor.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	1	S	S	S	S	N	S	---	---	---	---	Inspección del estado de la boquilla.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza del cabezal.	12 Semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	3	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Limpieza de los empaques.	12 Semanas	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	4	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	Cambio de la manguera de la antorcha.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento			
1	B	5	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Revisar los canales y conexiones del circuito de presión.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento			

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la plegadora HACO.

		EMPRESA: INDUACERO CÍA. LTDA.	Código del sistema: EI-PC-PH01	SISTEMA Plegadora HACO	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 1
		Área: Plegado y Corte		SUBSISTEMA: Hidráulico	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De:2
Función	Falla funcional	Modos de falla		Efectos de falla			Consecuencia
1	A	Incapaz de generar una presión de plegado de hasta los 220 T.	1	Filtro de depósito obstruido por partículas metálicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El fallo se lo puede identificar inspeccionando el parámetro que presente el manómetro del depósito de aceite o de la mirilla de nivel. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: cambiar el filtro del depósito. • Tiempo de parada aproximado: Los tiempos contemplados para devolver la presión necesaria al sistema son de 3 horas, con el equipo fuera de servicio, y generando pérdidas económicas en producción de alrededor 70\$ aproximadamente, el repuesto no existe en bodega. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Operacionales	
			2	Bomba hidráulica no genera presión por desgaste en los engranajes.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla oculta: Es difícil, conocer si el modo de fallo está ocurriendo, ya que para ello se debe realizar el desmontaje de la bomba. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Cambio de los engranajes. • Tiempo de parada aproximado: Es necesario llevar a cabo un análisis de aceite y verificar si contiene partículas de acero, características del desprendimiento de material por la fricción entre la carcasa y los engranajes de la bomba. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Falla oculta	
			3	Cilindro hidráulico no comprime por grietas en la camisa.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Es notorio el modo de fallo por presentarse fugas de aceite a través de las camisas de los pistones de compresión. • No existe daños al medio ambiente. • No existe daños a la seguridad. • Solución: Si el daño en el pistón es considerable se debe llevar a cabo el reemplazo. • Tiempo de parada aproximado: Los tiempos de reparación aproximadamente alcanzan 2 horas, con la maquina totalmente inactiva. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales	
			4	Presión variable en válvula reguladora por deficiente calibración.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: ya que la presión en el sistema es variable. • No existe daños al medio ambiente. • No existe daños a la seguridad. • Solución: Es necesario realizar el cambio de válvula en el sistema. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo de reparación considerado para reactivar el activo alcanza 1 hora, llegando, alcanzando pérdidas de producción de alrededor 50\$, el repuesto no existe en bodega, por lo que debe ser adquirido de manera externa. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Seguridad	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		EMPRESA: INDUACERO Cía. Ltda.	Código del activo: EI-PC-PH01	SISTEMA Plegadora HACO	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 2
		Área: Plegado y Corte		SUBSISTEMA Mecánico	Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 2
Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla		Consecuencia	
1	Posicionar el punzón para obtener el ángulo de plegado requerido	A	Incapaz de posicionar el punzón de acuerdo con el ángulo de plegado requerido.	1 Motor con baja potencia por bobina recalentada.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El modo de identificar el fallo es cuando el posicionamiento del punzón demora, y es palpable la elevación de la temperatura en la carcasa del motor. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Rebobinado del motor. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo para restaurar el servicio es de 12 horas, generando pérdidas económicas de producción en la organización de alrededor 100\$, para su restauración el componente debe ser llevado a un taller externo. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales	
				2 Transmisión de cadena floja por sobre trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La condición de la transmisión por cadena es visible al realizar inspecciones en el equipo, específicamente en la cureña. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Llevar a cabo ajuste de la tensión en la cadena, según la condición de esta sería necesario el reemplazo. • Tiempo de parada aproximado: Tiempo estimado de reparación 2 horas, necesario que el equipo se encuentre inactivo, considerando que el repuesto debe ser pedido a un comercializador externo. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales	
				3 Guías de la porta matriz desalineado por presión elevada contra bancada.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Reconocible al montar la matriz, existe sobre posicionamiento generando un mal plegado del material. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Rectificación de la matriz. • Tiempo de parada aproximado: Para que el activo se encuentre operativo, se consideran 2 horas, pudiendo el equipo continuar plegando otros materiales, su reparación puede ejecutarse en la misma área que también contempla el proceso de mecanizado. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales	
				4 Corrosión en estructura por falta de recubrimiento anticorrosivo y limpieza.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Es visible verificar en la estructura metálica del activo la presencia de daños y afectaciones en su superficie características de la corrosión. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo considerado para trabajos de mantenimiento alcanza los 30 minutos, considerando que en bodega se cuenta con lo necesario para llevar a cabo la actividad. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces cada año. 	Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decision de la plegadora HACO.

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-AI-PV01			Sistema: Plegadora HACO			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1
			Área: Acero Inoxidable										Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 1
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
HIDRÁULICO																
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Filtrar el aceite hidráulico.	26 Semanas	Técnico Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	N	S	---	---	---	---	---	Análisis de aceite.	26 Semanas	Contratación externa	
1	A	3	S	N	N	N	N	S	---	---	---	---	Inspección de cilindros de compresión.	52 Semanas	Técnico Mantenimiento	
1	A	4	S	S	N	N	N	N	S	---	---	---	Cambio de válvula de regulación de presión.	Sin frecuencia	Técnico Mantenimiento	
MECÁNICO																
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Inspección de la bobina.	52 Semanas	Contratación externa	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Reajuste de tensión en cadena. .	26 Semanas	Técnico Mantenimiento	
1	A	3	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Reajuste de la matriz.	52 Semanas	Técnico Mantenimiento	
1	A	4	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	Aplicación de líquido anticorrosivo.	12 Semanas	Técnico Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información de la motosoldadora Miller BIG BLUE 400XPRO

		Empresa:	Código del activo:	Sistema:	Realizado por:	Fecha:	Hoja N°
		INDUACERO Cía. Ltda.	E1-AC - MM02	Motosoldadora Miller BIG BLUE 400XPRO	Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	27/01/2021	1
Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla			Consecuencia
1	A	No suelda piezas metálicas	1 Motor quemado por sobrecalentamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La máquina para en su totalidad por desfases en la línea principal. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina, altas temperaturas, humo, olores extraños. • Solución: Rebobinado del motor eléctrico. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 48 a 72 horas, con un costo de rebobinado aproximado de \$100, con pérdida de producción de \$ 150 por día. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales		
			2 Desgaste de electrodos por exceso de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La máquina no se encuentra disponible, por lo que se recomienda apagado total del activo. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: ruido y olores extraños. • Solución: Cambio de los electrodos. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 15 a 30 min, con un costo de aproximado de \$10, con pérdida de producción de \$20 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Operacionales		
			3 Batería descargada	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: La máquina arranca con dificultad y después se produce el apagado. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: daños a la propia máquina, excesivas vibraciones. • Solución: Cargar la batería. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 12 a 24 horas, con pérdida de producción de \$10 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: dos veces cada año. 	Operacionales		
			4 Piezas móviles sobrecalentadas por falta de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El motor para bruscamente por existir demasiada fricción y no realizar la lubricación a tiempo. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: elevación de temperaturas, vibraciones, ruidos anormales. • Solución: Engrase de piezas móviles en tiempos establecidos. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 15 a 30 min, con un costo de aproximado de \$10, con pérdida de producción de \$20 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Operacionales		
			5 Fallo en la tarjeta electrónica	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Los voltajes y amperaje de soldadura varían de una forma que no se puede controlar. • Efectos físicos: elevación de temperatura, ruidos extraños, daños a la propia máquina. • Solución: Cambio de la tarjeta electrónica. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 2 a 4 horas, con un costo de aproximado de \$300, con pérdida de producción de \$50 por hora. 	Operacionales		

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.	Código del activo: E1-AC - MM02	Sistema: Motosoldadora Miller BIG BLUE 400XPRO	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 2
		Área: Acero al carbono			Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 3
Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla			Consecuencia
B	Suelda piezas metálicas con una potencia menor a 21.7 Hp		6	Banda rota del ventilador por sobretensión.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: Perjudica al motor creando sobrecalentamiento al no existir la ventilación adecuada. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: ruidos anormales, alta temperatura en el motor, vibración. • Solución: cambio de la banda. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 1 a 2 horas, con un costo de \$30, reduce la productividad. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Operacionales	
			7	Roturas de cables y terminales contaminados.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: La máquina no entra en funcionamiento por no existir alimentación de energía eléctrica. • Si existe amenaza a la seguridad: quemaduras, contracciones musculares, paros cardiacos. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: sobretensión, fugas de energía eléctrica. • Solución: cambio de cables y limpieza de terminales. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$20, con una afectación a la producción de \$50 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 	Seguridad	
		1	Motor sobrecalentado por ventilador averiado.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: Presenta baja potencia, al existir sobrecalentamiento en el motor por elevación de temperaturas. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: elevación de temperatura, ruidos anormales. • Solución: Cambio del ventilador. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 45 min, con un costo aproximado de \$20, con una afectación a la producción de \$30 por hora • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 	Operacionales		
		2	Empaques de la antorcha del filtro contaminados por partículas sólidas (escoria)	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: Al momento de soldar se produce un arco de baja intensidad por encontrarse tapada la boquilla de cerámica. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: se produce demasiado calor creando deformaciones en la parte metálica de la boquilla. • Solución: Cambio de los empaques de la antorcha. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 20 a 40 min, con un costo aproximado de \$10, con una afectación a la producción de \$10 por hora. • Probabilidad de ocurrencia: tres veces al año. 	Operacionales		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.	Código del activo: E1-AC - MM02	Sistema: Motosoldadora Miller BIG BLUE 400XPRO	Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington	Fecha: 27/01/2021	Hoja N° 3
		Área: Acero al carbono			Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 29/01/2021	De 3
Función		Falla funcional	Modos de falla	Efectos de falla		Consecuencia	
			3 Combustión incompleta por contener agua el combustible.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: La combustión incompleta afecta a la maquina directamente creando trabas al momento de arrancar. • Si existe daños al medio ambiente: el humo provocado por la combustión incompleta es arrojado a la atmosfera. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos color extraño, humo, daños a la propia máquina. • Solución: Lavado del depósito de combustible. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 45 min, con un costo aproximado de \$15, con retrasos en producción. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 		Medio ambiental	
			4 Cañerías del sistema de refrigeración taponados por corrosión.	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo evidente: Al encontrarse taponados las cañerías el motor llega a sobrecalentarse no permitiendo que el motor trabaje con efectividad. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Efectos físicos: ruidos anormales, daños a la propia máquina, altas temperaturas. • Solución: utilizar aire comprimido para destaparlos. • Tiempo de parada aproximado: se estima de 30 a 60 min, con un costo aproximado de \$30, produce retrasos al momento de soldar. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 		Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decisión de la motosoldadora Miller BIG BLUE 400XPRO

HOJA DE DECISIÓN RCM																			
			Empresa: INDUACERO Cía Ltda.				Código del sistema: E1-AC- MM02			Sistema: Motosoldadora Miller BIG BLUE 400XPRO			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellingtón		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1			
			Área: Acero al carbono										Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 1			
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizarse por			
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4				H5	S4	
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Inspeccionar la bomba de inyección.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento
1	A	2	S	N	N	S	N	S	----	---	---	---	---	---	---	---	Drenar restos de lodo del tanque de almacenamiento.	52 Semanas	Técnico. de Mantenimiento
1	A	3	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Inspeccionar la corriente de la batería.	52 Semanas	Ayudante de mantenimiento
1	A	4	S	N	N	S	N	S	----	---	---	---	---	---	---	---	Revisar estado de bornes y cables de baterías.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento
1	A	5	N	N	N	S	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Ajuste de pernos flojos.	26 Semanas	Técnico. de Mantenimiento
1	A	6	S	N	N	S	N	N	S	---	---	---	---	---	---	---	Cambio de la banda.	Sin frecuencia	Técnico. de Mantenimiento
1	A	7	S	S	N	N	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Inspección del cable de alimentación.	52 Semanas	Técnico. de Mantenimiento
1	B	1	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Limpiar con aire comprimido el ventilador.	12 Semanas	Técnico. de Mantenimiento
1	B	2	S	N	N	S	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Inspección del estado de la antorcha.	52 Semanas	Ayudante de mantenimiento
1	B	3	S	N	S	N	N	S	----	---	---	---	---	---	---	---	Drenaje en el filtro de combustible.	12 Semanas	Operador
1	B	4	N	N	N	N	N	S	---	---	---	---	---	---	---	---	Inspeccionar estado de líneas de refrigeración.	12 Semanas	Técnico. de Mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hojas de información del taladro radial HARVEY.

		EMPRESA: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del activo: EI-PC-TH01	SISTEMA Taladro radial Harvey		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 1	
		Área: Plegado y Corte			SUBSISTEMA Columna Giratoria		Revisado por. Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 3	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla					Consecuencia	
1	Brindar un grado de libertad y de movimiento para perforación de 360° al husillo.	A	Incapaz de perforar con un grado de libertad de 360°.	1	El brazo no gira sobre la columna por deficiente lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: El fallo es evidente al operar el equipo, cuando se desplaza radialmente el brazo porta husillo, demanda más esfuerzo del operador. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Se debe llevar a cabo un relleno de aceite a través de los puntos de lubricación presentes en la misma columna, con esto el aceite se distribuirá sobre las paredes de la columna y el brazo. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo de parada del equipo alcanza los 20 minutos, sin ser necesario dejar fuera de servicio la operación de perforación. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 					Operacionales	
				2	Desplazamiento horizontal lento del brazo por falta de aceite en tornillo guía.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Cuando se activa el avance vertical automático del brazo, se genera ruido durante el desplazamiento respecto al tornillo. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Rellenar el nivel de aceite en el cubículo del motorreductor de la columna. • Probabilidad de ocurrencia: una vez al año. 					Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		EMPRESA: INDUACERO CÍA. LTDA.		Código del activo: EI-PC-TH01	SISTEMA Taladro radial Harvey		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 2	
		Área: Plegado y Corte			SUBSISTEMA: Estructura		Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De: 3	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla					Consecuencia	
1	Contener alineada la pieza sobre la mesa para su perforación.	A	Pieza no alineada completamente en la mesa.	1	Oxidación en estructura por soluble mal seleccionado y por deficiente limpieza.	<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al inspeccionar superficialmente el activo es visible, en forma de capa de oxidación sobre la mesa o soporte de sujeción, y la placa base. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Aplicar disolvente para el retiro de la oxidación de la superficie. • Tiempo de parada aproximado: Tiempo necesario para actividades de mantenimiento 20 minutos aprox. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada dos años. 					Operacionales	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

		EMPRESA: INDUACERO Cía. Ltda.		Código del activo: EI-PC-TH01	SISTEMA Taladro radial Harvey		Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021		Hoja N° 3	
		Área: Plegado y Corte			SUBSISTEMA Husillo		Revisado por. Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021		De 3	
Función		Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla				Consecuencia		
1		A		1		<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: Al perforar materiales el movimiento se traba, y al levantar el contacto entre la herramienta de perforación y material vuelva a girar. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Rebobinado del motor del husillo. • Tiempo de parada aproximado: La indisponibilidad del equipo representa 2 horas, las acciones de mantenimiento se las ejecuta con el equipo fuera de servicio. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada año. 				Operacionales		
				2								<ul style="list-style-type: none"> • Falla evidente: En la mirilla, del sistema de transmisión del husillo se visualiza de manera general el avance del desgaste y la condición del aceite lubricante. • No existe daños a la seguridad. • No existe daños al medio ambiente. • Solución: Cambio de engranajes. • Tiempo de parada aproximado: El tiempo considerado para la reparación es de 4 horas aproximadamente. • Probabilidad de ocurrencia: una vez cada tres años.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Hoja de decisión del taladro radial HARVEY

HOJA DE DECISIÓN RCM																
			Empresa: INDUACERO Cía. Ltda.				Código del sistema: EI-PC-TH01			Sistema: Taladro radial Harvey			Realizado por: Casa Jhonny; Chuqui Wellington		Fecha: 27/01/2021	Hoja N°: 1
			Área: Acero Inoxidable										Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 29/01/2021	De: 1
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "A falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
COLUMNA GIRATORIA																
1	A	1	S	N	N	S	N	S	----	----	----	----	Rellenado e inspección de aceite a través de la merilla.	12 Semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	2	S	N	N	S	N	S	---	----	----	----	Filtrado de aceite.	26 Semanas	Técnico de Mantenimiento	
HUSILLO																
1	A	1	S	N	N	S	N	S	----	----	----	----	Revisión estado del bobinado del motor del husillo.	52 Semanas	Técnico de Mantenimiento	
1	A	1	S	N	N	S	S	----	----	----	----	----	Análisis de aceite.	52 Semanas	Contratación externa	
ESTRUCTURA																
1	A	1	S	N	N	S	N	S	---	----	----	----	Cambiar de soluble, en taladrina o aceite de corte, y ejecutar una limpieza completa del activo.	26 Semanas	Técnico de Mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021.

ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS RESTANTES.

Ficha técnica del sistema Cizalla FERRY b.b.b

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES																																		
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA																																		
Código:	EI-PC-CF01		IMAGEN 																																
Descripción:	Cizalla FERRY b.b.b																																		
Centro de costos:	N/A																																		
Código Vein:	N/A																																		
Código de Activo:	N/A																																		
Marca:	FERRY b.b.b																																		
Modelo:	CH-305																																		
No.Serie:	N/A																																		
Valor de Adquisición:	20.000 USD																																		
Proveedor:	b.b.b FERRY																																		
No.Factura o Contrato:	N/A																																		
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros																																	
Manuales				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Características Técnicas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre:</td> <td>Cizalla FERRY b.b.b</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>7.5 kW</td> </tr> <tr> <td>Tensión de trabajo</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de red</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Presión</td> <td>220 kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>Capacidad de maxima</td> <td>6 mm</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>5 Ton</td> </tr> <tr> <td># de gatos</td> <td>11</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Características Técnicas EQ1</th> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td>MOTOVARIO</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>0.55 kW</td> </tr> <tr> <td>Voltaje</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>RPM</td> <td>1680 rpm</td> </tr> <tr> <td>Cos fi</td> <td>0.83</td> </tr> <tr> <td>Amperaje</td> <td>2.45 A</td> </tr> </tbody> </table>	Características Técnicas		Nombre:	Cizalla FERRY b.b.b	Potencia	7.5 kW	Tensión de trabajo	220 V	Frecuencia de red	60 Hz	Presión	220 kg/cm2	Capacidad de maxima	6 mm	Peso	5 Ton	# de gatos	11	Características Técnicas EQ1		Nombre:	MOTOVARIO	Potencia	0.55 kW	Voltaje	220 V	RPM	1680 rpm	Cos fi	0.83	Amperaje
Características Técnicas																																			
Nombre:	Cizalla FERRY b.b.b																																		
Potencia	7.5 kW																																		
Tensión de trabajo	220 V																																		
Frecuencia de red	60 Hz																																		
Presión	220 kg/cm2																																		
Capacidad de maxima	6 mm																																		
Peso	5 Ton																																		
# de gatos	11																																		
Características Técnicas EQ1																																			
Nombre:	MOTOVARIO																																		
Potencia	0.55 kW																																		
Voltaje	220 V																																		
RPM	1680 rpm																																		
Cos fi	0.83																																		
Amperaje	2.45 A																																		
Código	Descripción	Ubicación																																	
	Mantenimiento	Dpto. de mantenimiento																																	
	Operación	Dpto. de mantenimiento																																	
Planos																																			
Código	Descripción	Ubicación																																	
	N/A	N/A																																	
Repuestos y Materiales																																			
Código	Descripción	Ubicación																																	
	Gatos	Bodega																																	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Ficha técnica del sistema Plegadora HACO

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES			
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA			
Código:	EI-PC-PH01		IMAGEN 	
Descripción:	Plegadora HACO			
Centro de costos:	N/A			
Código Vein:	N/A			
Código de Activo:	N/A			
Marca:	HACO			
Modelo:	PPM-43-225			
No.Serie:	90638			
Valor de Adquisición:	16.000 USD			
Proveedor:	N/A			
No.Factura o Contrato:	N/A			
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros		
Manuales			Características Técnicas	
Código	Descripción	Ubicación		
	Operación	Dpto. de mantenimiento		
Planos				
Código	Descripción	Ubicación		
	N/A	N/A		
Repuestos y Materiales			Características Técnicas EQ1	
Código	Descripción	Ubicación		
	N/A	N/A		
			Nombre:	PLEGADORA HACO
			Tensión de trabajo	380V
			Frecuencia de red	60 Hz
			Capacidad de maxima	225 Ton
			Peso	4470 kg
			Nombre:	MOTOR MEZ
			Potencia	0.37 kW
			Voltaje	230 V
			RPM	1370 rpm
			Cos fi	0.78
			Amperaje	1.82 A

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Ficha técnica del sistema Torno LOGAN

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES																										
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA																										
Código:	EI-PC-TL01		IMAGEN 																								
Descripción:	Torno LOGAN																										
Centro de costos:	N/A																										
Código Vein:	N/A																										
Código de Activo:	N/A																										
Marca:	LOGAN																										
Modelo:	FEL-32120GYC																										
No.Serie:	N/A																										
Valor de Adquisición:	6.000 USD																										
Proveedor:	N/A																										
No.Factura o Contrato:	N/A																										
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros																									
Manuales				<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Características Técnicas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre:</td> <td>TORNO LOGAN</td> </tr> <tr> <td>Tensión de trabajo</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia de red</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Amperaje</td> <td>46 A</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Potencia</td> <td>11.5 kW</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Características Técnicas EQ1</td> </tr> <tr> <td>Nombre:</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Características Técnicas		Nombre:	TORNO LOGAN	Tensión de trabajo	220 V	Frecuencia de red	60 Hz	Amperaje	46 A	IP	54	Potencia	11.5 kW	Características Técnicas EQ1		Nombre:						
Características Técnicas																											
Nombre:	TORNO LOGAN																										
Tensión de trabajo	220 V																										
Frecuencia de red	60 Hz																										
Amperaje	46 A																										
IP	54																										
Potencia	11.5 kW																										
Características Técnicas EQ1																											
Nombre:																											
Código	Descripción	Ubicación																									
	N/A	N/A																									
Planos																											
Código	Descripción	Ubicación																									
	N/A	N/A																									
Repuestos y Materiales																											
Código	Descripción	Ubicación																									
	N/A	N/A																									

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Ficha técnica del sistema Fresadora FEXAC

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES		
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA		
Código:	EI-PC-FF01		IMAGEN 
Descripción:	Fresadora FEXAC		
Centro de costos:	N/A		
Código Vein:	N/A		
Código de Activo:	N/A		
Marca:	FEXAC		
Modelo:	UMS		
No.Serie:	N/A		
Valor de Adquisición:	5.000 USD		
Proveedor:	N/A		
No.Factura o Contrato:	N/A		
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros	
Manuales			
Código	Descripción	Ubicación	
	Lubricación	Departamento de mantenimiento	
Planos			
Código	Descripción	Ubicación	
	N/A	N/A	
Repuestos y Materiales			
Código	Descripción	Ubicación	
	Fresa	Bodega	
Características Técnicas EQ1			
Nombre:	FRESADORA FEXAC		
Superficie de mesa	1100X240mm		
Curso de mesa	1000X350mm		
Cabezal	ISO 40		
Revoluciones	40-1750 rpm		
Potencia	10 Hp		
Peso	1750 kg		

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Ficha técnica del sistema mesa de corte HYPERTHERM

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES		 Lo que tu ciudad necesita.		
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA				
Código:	EI-CP-MH01		IMAGEN		
Descripción:	Mesa de corte HYPERTHERM				
Centro de costos:	N/A				
Código Vein:	N/A				
Código de Activo:	N/A				
Marca:	HYPERTHERM				
Modelo:	POWER MAX 105				
No.Serie:	N/A				
Valor de Adquisición:	10.000 USD				
Proveedor:	N/A				
No.Factura o Contrato:	N/A				
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros			
Manuales				Características Técnicas	
Código	Descripción	Ubicación	Nombre:		CORTE POR ARCO DE PLASMA
	N/A	N/A	Voltaje de entrada		600 V
			Frecuencia		60 Hz
			Potencia de salida		16.8 kW
			Corriente de salida		30-105 A
Planos			Voltaje de salida nominal		160 Vcd
Código	Descripción	Ubicación	Ciclo de trabajo a 40°C		70% a 105 A, 240 V
	N/A	N/A	Voltaje en circuito abierto		300 Vcd
			Peso con antorcha:		45 kg (100 Lb.)
Repuestos y Materiales			Alimentación de gas		Aire sin aceite, limpio y seco o nitrógeno
Código	Descripción	Ubicación	Corte recomendado		32 mm
	Boquilla	Bodega	Velocidad de corte		500 mm/min
			Corte de separación		50 mm
			Perforación		22 mm

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Ficha técnica del sistema compresor CAMPBELL HAUSFELD

	INDUACERO INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CÍA. LTDA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES				
	FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA				
Código:	EI-CP-MH01		IMAGEN		
Descripción:	COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD				
Centro de costos:	N/A				
Código Vein:	N/A				
Código de Activo:	N/A				
Marca:	CAMPBELL HAUSFELD				
Modelo:	CE8801				
No.Serie:	8025				
Valor de Adquisición:	3950 USD				
Proveedor:	N/A				
No.Factura o Contrato:	N/A				
Tipo de seguro:	X	Compania de Seguros			
Manuales			Características Técnicas		
Código	Descripción	Ubicación		Nombre:	COMPRESOR
	Manual de seguridad	Departamento de mantenimiento		Motor HP	10
	Manual de operación	Departamento de mantenimiento		Voltaje	208-230 V
				Frecuencia	60 Hz
				Eficiencia	89.50%
Planos				Factor de eficiencia	82.70%
Código	Descripción	Ubicación		Fase	3
	N/A	N/A		Presion máxima	175 PSI
				RPM	700
Repuestos y Materiales				Peso del equipo	378.76 kg
Código	Descripción	Ubicación		Temperatura Máxima	40 °C
	N/A	N/A		Capacidad del tanque	120 Gal.

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

ANEXO G: TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LAS MÁQUINAS RESTANTES.

Tareas de mantenimiento del torno LOGAN.

	Sistema: Torno LOGAN	Cód. sistema: EI-PC-TL01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
EMP01	Motor principal.	Inspección mediante termografía.		52 semanas	Contratación externa
		Cambio del rodamiento.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Inspección del aceite (partículas).		52 semanas	Contratación externa
		Inspección de la tapa bornera.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Lubricación de rodamientos.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección del motor.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
MST01	Subsistema transmisión de poleas	Cambio del aceite lubricante.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección del aceite (partículas).		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Alineación y tensionado de correas.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Alineación de centros de poleas.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Ajustar correa manualmente.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio de aceite lubricante		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisión de amortiguadores en los soportes del torno.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Verificar fugas del fluido refrigerante.		14 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento de la cizalla FERRY b.b.b

	Sistema: CIZALLA FERRY b.b.b	Cód. sistema: EI-PC-CF01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MSH01	Sistema hidráulico	Rellenado del nivel de aceite lubricante en el depósito.		Diario	Técnico de mantenimiento
		Desmontaje y limpieza interna de motobomba.		26 semanas	Operador
		Filtrado de aceite hidráulico completo del sistema.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisión, recalibración de válvula de seguridad.		4 semanas	Técnico de mantenimiento
		Rellenado del nivel de aceite lubricante en el sistema.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio de rodamientos del motor.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Revisión de la protección (guardamotor) y toma de medidas de voltaje y corriente.		Semanal	Técnico de mantenimiento
		Calibración automática o manual del ángulo del cortante.		Semanal	Técnico de mantenimiento
		Ajuste de los gatos contra la cuchilla de corte.		Semanal	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento de la fresadora FEXAC

	Sistema: FRESADORA FEXAC (EI-PC- FF01)	Cód. sistema: EI-PC-FF01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad	Frecuencia	Responsable	
EMP01	Motor principal.	Cambio de rodamientos.	Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
		Limpieza general de la máquina.	4 semanas	Operador	
		Cambio de las escobillas.	Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
		Verificar sujeción del motor principal.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Lubricación del cojinete del motor principal.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
MSM01	Subsistema mesa	Revisar el nivel de la mesa.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Inspección de anclaje y pintura.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Lubricar tornillos de la mesa.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
MST01	Subsistema de transmisión	Inspección de la banda.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Reemplazo de la banda.	Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
		Alineación y tensionado de bandas.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
MSS01	Subsistema tornillo sin fin de avance	Reemplazo del tornillo.	Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
		Engrase del tornillo.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
MSV01	Subsistema caja de velocidades	Lubricación, cambio de engranajes desgastados.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Ver estado de la caja de velocidades.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Revisar que el motor no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.	4 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Revisar las tensiones de las bandas.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
MSP01	Subsistema de palanca de avance	Cambio de la palanca de avance.	Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
ESE01	Subsistema caja eléctrica	Inspecciones de componentes eléctricos y electrónicos.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Revisar ventilador del motor principal.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Revisar correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
MSR01	Subsistema de refrigeración	Limpieza y revisión de filtros.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Reemplazo de los sellos.	Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento	
		Cambiar lubricante refrigerador.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Inspeccionar mangueras y cañerías.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento del compresor CAMPBELL HAUSFELD (EI-AC-CC01)

	Sistema: COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD	Cód. sistema: EI-AC-CC01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
EMC01	Motor del compresor	Revisión de las conexiones eléctricas en tiempos determinados.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio del rodamiento.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Reparación del motor eléctrico.		Sin frecuencia	Contratación externa
MTA01	Tanque de almacenamiento	Limpieza y revisión de filtros.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisión de fisuras o grietas en el tanque de almacenamiento.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
MSS01	Subsistema de seguridad	Pruebas de válvula de seguridad.		14 semanas	Ayudante de mantenimiento
		Inspección de control de voltaje amperaje y temperatura.		4 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio de contactores de arranque manual.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
MCO01	Compresor	Limpieza general del compresor utilizando aire comprimido.		14 semanas	Ayudante de mantenimiento
		Verificación de componentes electrónicos.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
MST01	Subsistema de transmisión	Tensionado de bandas.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio de la banda.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Alineación de poleas.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección de bandas.		4 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento del compresor soldadora MULTIPROCESO MILLER

	Sistema: SOLDADORA MULTIPROCESO MILLER	Cód. sistema: EI-AI-SM01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MSM01	Subsistema estructura mecánica	Limpieza general de la máquina		4 semanas	Operador
		Aspirar interiores de la máquina para remover polvos.		14 semanas	Ayudante de mantenimiento
		Revisar y lubricar ruedas para fácil transportación.		26 semanas	Ayudante de mantenimiento
		Verificar que las piezas no se hayan aflojado por el aspirado.		26 semanas	Ayudante de mantenimiento
ESE01	Subsistema eléctrico	Limpieza de las boquillas.		4 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección de los terminales del cable de alimentación.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Verificación de la manguera de gas.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisar el estado de las boquillas y filtros.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Calibrar manómetros.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Verificar que las válvulas estén bien acopladas.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambiar cable de porta electrodo.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento

(Continua...)

		Verificar el funcionamiento del sistema de ventilación.	26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Verificar el funcionamiento de la perilla de ajuste de corriente	26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Verificar el funcionamiento de los relojes analógicos.	26 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento de la mesa de corte HYPERTHERM.

	Sistema: MESA DE CORTE HYPERTHERM	Cód. sistema: EI-CP-MH01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MSM01	Subsistema estructura mecánica	Limpieza general de la máquina.		14 semanas	Ayudante de mantenimiento
		Revisión del estado de la mesa de corte.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Ajuste de pernos y platinas de la mesa.		14 semanas	Operador
		Revisar estado de la nivelación de la máquina.		14 semanas	Operador
MSN01	Subsistema neumático	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisar el estado de las válvulas de paso y cierre.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Controlar la pérdida de fluido de aire comprimido.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
MSC01	Subsistema de corte	Revisión del estado de la boquilla.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Ajuste de la antorcha.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
ESE01	Subsistema eléctrico	Inspección del cable de alimentación.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Ajuste de conexiones eléctricas.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio de la pinza de masa.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Cambio del interruptor.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento de la plegadora HACO

	Sistema: PLEGADORA HACO	Cód. sistema: EI-PC-PH01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MEM01	Subsistema de estructura mecánica	Inspección del motor eléctrico		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Reajuste de tensión en cadena.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Limpieza y aplicación de líquido anticorrosivo.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Limpieza general de la máquina.		4 semanas	Operador
		Realizar pruebas de nivelación de la máquina.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
MSH01	Subsistema hidráulico	Cambiar el filtro del depósito, y filtrar todo el aceite hidráulico.		52 semanas	Técnico de mantenimiento

(Continúa...)

		Análisis de aceite.	52 semanas	Contratación externa
		Revisión del estado del cilindro de compresión.	14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Inspección de válvula de regulación de presión.	14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Sustitución del filtro de aceite de aspiración.	52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro.	14 semanas	Técnico de mantenimiento
MSL01	Subsistema de lubricación	Revisar el estado de las líneas de lubricación.	14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisar y rellenar el nivel de lubricante.	4 semanas	Operador
ESE01	Subsistema eléctrico	Ajustes de conexiones eléctricas.	14 semanas	Técnico de mantenimiento
		Medición de corrientes y tensiones	14 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento de la motosoldadora MILLER BIG BLUE 400XPRO

	Sistema: MOTOSOLDADORA MILLER BIG BLUE 400XPRO	Cód. sistema: E1-AC-MM02	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad	Frecuencia	Responsable	
EMP01	Motor principal	Inspeccionar la bomba de inyección.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Drenar restos de lodo del tanque de almacenamiento.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Revisar el nivel de aceite y si es necesario rellenarlo.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Cambiar filtro de aire.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Cambiar filtro de aceite.	52 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Limpiar con aire comprimido el radiador.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Limpieza del tanque de combustible.	52 semanas	Ayudante de mantenimiento	
ESE01	Subsistema eléctrico	Cargar la batería.	52 semanas	Operador	
		Revisar estado de bornes y cables de baterías.	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
MEM01	Subsistema eléctrico	Ajuste de pernos flojos.	26 semanas	Ayudante de mantenimiento	
		Limpieza general de la máquina con aire comprimido.	14 semanas	Operador	
EGP01	Generador de potencia	Revisar parámetros eléctricos (devanado estator).	26 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Inspección de soportes deteriorados.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Inspeccionar estado de conexiones eléctricas.	14 semanas	Técnico de mantenimiento	
		Revisar estado de carbones (fisuras).	26 semanas	Técnico de mantenimiento	

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

Tareas de mantenimiento del taladro RADIAL HARVEY

	Sistema: TALADRO RADIAL HARVEY	Cód. sistema: EI-PC-TH01	Facilitador: Chuqui W, Casa Jhonny	Fecha: 18/02/2021	Hoja N°: 1
	Subsistema: General		Fiscalizador: Ing. César Gallegos.	Fecha: 19/02/2021	De: 1
Código	Componente	Actividad		Frecuencia	Responsable
MSM01	Subsistema de estructura mecánica	Limpieza general de la máquina.		4 semanas	Operador
		Inspección del eje principal del mandril.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisión de la carcasa.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Ajustar pernos y nivelar mesa de trabajo.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
ESE01	Subsistema eléctrico	Reemplazar el interruptor.		Sin frecuencia	Técnico de mantenimiento
		Inspección del cable de alimentación.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Revisar el estado de la botonera.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
MSG01	Subsistema de columna giratoria	Reparar la columna de soporte.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Rellenado de aceite a través de los puntos de lubricación.		14 semanas	Técnico de mantenimiento
MSH01	Subsistema de husillo	Rebobinar el motor eléctrico del husillo.		52 semanas	Técnico de mantenimiento
		Cambio de aceite.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Lubricación de engranajes.		26 semanas	Técnico de mantenimiento
		Filtrado de aceite.		52 semanas	Técnico de mantenimiento

Fuente: Chuqui W, Casa J. 2021

Realizado por: Chuqui W, Casa J. 2021

ANEXO I: HERRAMIENTAS Y REPUESTOS PARA LAS MÁQUINAS RESTANTES.

Repuestos y materiales para el torno LOGAN

Máquina		PLAN DE MANTENIMIENTO						MANO DE OBRA				REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E
Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	Nº de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E				
TORNO LOGAN (EI-PC-TL01)	EI-PC-TL01-EMP01	MOTOR PRINCIPAL	Inspección mediante termografía.	Contratación externa	----	-----	-----	75	-----	-----	-----	-----	-----			
			Cambio del rodamiento.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guaipe	2 lb	1	2	Extractor de dos brazos			
									Guante de pupos	2 und	1	2	Cinzel			
									Rodamiento SKF N208 ECP	1 und	50	50	Combo de goma			
			Inspección del aceite (partículas).	Contratación externa	----	-----	-----	50	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
			Inspección del motor.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
			Inspección de la tapa bornera.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	-----	-----	-----	-----	-----	-----		
			Lubricación de rodamientos.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Aceite lubricante WD-40	1 und	8	50	Llaves mixtas			
									Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Caja de herramientas			
									Guaipe	0,5 lb	1	0.50				
	Guaipe	1 lb							1	1	Caja de herramientas					
	EI-PC-TL01-MST01	SUBSISTEMA TRANSMISIÓN DE POLEAS	Cambio del aceite lubricante.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Embudo			
									Aceite lubricante	1 glns	14	14	Llave mixta			
									-----	-----	-----	-----	-----			
			Inspección del aceite (partículas).	Contratación externa	----	-----	-----	50	-----	-----	-----	-----	-----			
			Alineación y tensionado de correas.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guante de pupos	2 und	1	2	Tensor de banda			
									Guaipe	1 lb	1	1	Caja de herramientas			
			Alineación de centros de poleas.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guaipe	0,5 lb	1	0.50	Llave de presión			
									Guante de pupos	2 und	1	2	Llaves mixtas			
			Ajustar correa manualmente.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guantes de pupos	2 und	1	2	Tensor de banda			
Cambio de aceite lubricante			Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guaipe	1 lb	1	1	Caja de herramientas				
	Guantes desechables	1 und						0.80	0.80	Embudo						
	Aceite lubricante	0,5 glns						14	7	Llave mixta						

(Continuación ...)

FRESADORA FAXAC (EL-PC-FF01)													
EL-PC-FF01-MS01	SUBSISTEMA TORNILLO	Reemplazo del tornillo.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guaípe	1 lb	1	1	Juego de destornilladores	
		Engrase del tornillo.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guantes de pupos	2 und	1	2	Llave de presión	
								Tornillo de avance sin fin	1 und	30	30	Llaves mixtas	
								Guaípe	2 lb	1	2	Pistola Engrasadora	
								Guantes desechables	2 und	0.80	1.60	Espátula	
	EL-PC-FF01-MSV01	SUBSISTEMA CAJA DE VELOCIDADES	Lubricación, cambio de engranajes desgastados.	Técnico de Mantenimiento	2	8	5	40	Grasa NLGI 2	200 gr	0.03	5	Caja de herramientas
			Ver estado de la caja de velocidades.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guaípe	1 lb	1	1	Llaves mixtas
			Revisar que el motor no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes desechables	2 und	1	2	Pistola Engrasadora
			Revisar las tensiones de las bandas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Grasa NLGI 2	100 gr	0.03	3	Llave de presión
									Engranaje	1 und	30	30	Juego de destornilladores
EL-PC-FF01-MSP01	PALANCA DE AVANCE	Cambio de la palanca de avance.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guaípe	0,5 lb	1	0.50	Caja de herramientas	
EL-PC-FF01-ESE01	CAJA ELECTRICA	Inspecciones de componentes eléctricos y electrónicos.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	2 und	1	2	Llaves mixtas	
		Revisar ventilador del motor principal.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Palanca de avance	1 und	50	50	Llave de presión	
		Revisar correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Multímetro	
EL-PC-FF01-MSR01	REFRIGERACIÓN	Limpieza y revisión de filtros.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guaípe	0,5lb	1	0.50	Manguera y pistola de compresor	
		Reemplazo de los sellos.	Técnico de Mantenimiento	1	3	2,92	8,75	Guaípe	0,5lb	1	0.50	Caja de herramientas	
								Guantes de pupos	1 und	1	1	Llaves mixtas	

Repuestos y materiales para la cizalla FERRY b.b.b

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA				REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E	
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	Nº de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E
CIZALLA FERRY b.b.b (EL-PC-CF01)	EL-PC-CF01-MSH01	SISTEMA HIDRÁULICO	Rellenado del nivel de aceite lubricante en el depósito.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Aceite hidráulico	1 lt	2	2	Embudo
									Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Llaves mixtas
			Desmontaje y limpieza interna de motobomba.	Técnico de Mantenimiento	2	8	5	40	Guaípe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor
													Llaves mixtas
													Caja de herramientas
													Juego de destornilladores
			Filtrado de aceite hidráulico completo del sistema.	Ingeniero Mecánico	1	3	2,92	8,75	Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Filtradora
													Embudo
													Llave mixta
													Depósito
			Revisión, recalibración de válvula de seguridad.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	-----	-----	-----	-----	Juego de destornilladores
													Caja de herramientas
			Rellenado del nivel de aceite lubricante en el sistema.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,49	Aceite hidráulico	1 lt	2	2	Embudo
									Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Llaves mixtas
									Guaípe	2 lb	1	2	Extractor de dos brazos
			Cambio de rodamientos del motor.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guante de pupos	2 und	1	2	Cinzel
									Rodamiento SKF rígido de bolas	1 und	30	30	Caja de herramientas
										Combo de goma			
Revisión de la protección (guardamotor) y toma de medidas de voltaje y corriente.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Múltímetro			
										Juego de destornilladores			
										Alicate			
Calibración automática o manual del ángulo del cortante.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	-----	-----	-----	-----	Juego de destornilladores			
										Alicate			
										Caja de herramientas			
Ajuste de los gatos contra la cuchilla de corte.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	-----	-----	-----	-----	Juego de destornilladores			

Repuestos y materiales para el compresor CAMPBELL HAUSFELD

PLAN DE MANTENIMIENTO			MANO DE OBRA					REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E
Máquina	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	N° de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E
COMPRESOR CAMPBELL HAUSFELD (EI-AC-CC01)	MOTOR DEL COMPRESOR	Revisión de las conexiones eléctricas en tiempos determinados.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Multímetro
		Cambio del rodamiento.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guaípe	2 lb	1	2	Extractor de dos brazos
								Guantes de pupos	1 und	1	1	Llaves mixtas
								Rodamiento SKF rígido de bolas	1 und	30	30	Cinzel
	Reparación del motor eléctrico.	Contratación externa	-----	-----	-----	120	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Limpeza y revisión de filtros.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	0,5 lb	1	0.50	Manguera y pistola de compresor
		Revisión de fisuras o grietas en el tanque de almacenamiento.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Guaípe	1 lb	1	1	Caja de herramientas
	SUBSISTEMA DE SEGURIDAD	Pruebas de válvula de seguridad.	Ayudante de mantenimiento	1	0.5	2,08	1,04	Guaípe	0,5 lb	1	0.50	Juego de destornilladores
		Inspección de control de voltaje amperaje y temperatura.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,09	2,09	Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Multímetro
		Cambio de contactores de arranque manual.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guante de pupos	1 und	1	1	Juego de destornilladores
	COMPRESOR	Limpeza general del compresor utilizando aire comprimido.	Ayudante de mantenimiento	2	1	5	5	Contactor de 15A	1 und	12	12	Alicate
			Técnico de Mantenimiento	1	3	2,92	8,75	Guaípe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor
	SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN	Tensionado de bandas.	Técnico de Mantenimiento	2	6	5	30	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Multímetro
		Cambio de la banda.	Técnico de Mantenimiento	2	8	5	40	Guantes de pupos	2 und	1	2	Tensor de banda
								Guantes de pupos	2 und	1	2	Llaves mixtas
								Banda de transmisión V	1 und	25	25	Tensor de banda
		Alineación de poleas.	Técnico de Mantenimiento	2	8	5	40	Guaípe	2 lb	1	2	Juego de destornilladores
	Inspección de bandas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Guantes de pupos	2 und	1	2	Alineador Laser	
								-----	-----	-----	-----	Caja de herramientas

Repuestos y materiales para la soldadora multiproceso MILLER

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA					REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	N° de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E
SOLDADORA MULTIPROCESO MILLER (EI-AI-SM01)	EI-AI-SM01-MSM01	SUBSISTEMA ESTRUCTURA MECÁNICA	Limpieza general de la máquina.	Operador	1	1	2,92	2,92	Guaiepe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor
			Aspirar interiores de la máquina para remover polvos.	Ayudante de mantenimiento	1	1	2,08	2,08	----	----	----	----	Manguera y pistola de compresor
			Revisar y lubricar ruedas para fácil transportación.	Ayudante de mantenimiento	1	0,5	2,08	1,04	----	----	----	----	Caja de herramientas
			Verificar que las piezas no se hayan aflojado por el aspirado.	Ayudante de mantenimiento	1	0,5	2,08	1,04	----	----	----	----	Llave mixta
	EI-AI-SM01-ESE01	SUBSISTEMA ELÉCTRICO	Limpieza de las boquillas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Paño industrial	1 und	0,75	0,75	Caja de herramientas
			Inspección de los terminales del cable de alimentación.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1,50	1,50	Multímetro
			Verificación de la manguera de gas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	----	Caja de herramientas
			Revisar el estado de las boquillas y filtros.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	----	Caja de herramientas
			Calibrar manómetros.	Técnico de Mantenimiento	1	0,75	2,92	2,19	Guaiepe	1 lb	1	1	Juego de destornilladores
			Verificar que las válvulas estén bien acopladas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	----	Juego de destornilladores
			Cambiar cable de porta electrodo.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Taípe 3M	1 und	0,75	0,75	Cortafríos
									Cable de porta electrodo	5 m	1,75	8,75	Juego de destornilladores
									Alicate				
			Verificar el funcionamiento del sistema de ventilación.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	1 und	1	1	Caja de herramientas
			Verificar el funcionamiento de la perilla de ajuste de corriente.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Guantes dieléctricos	1 und	1,50	1,50	Juego de destornilladores
			Verificar el funcionamiento de los relojes analógicos.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Guaiepe	0,5 lb	1	0,50	Multímetro

Repuestos y materiales para la mesa de corte de HYPERTHERM

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA					REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E	
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	N° de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E	
MESA DE CORTE HYPERTHERM (EI-CP-MH01)	EI-CP-MH01-MSM01	SISTEMA ESTRUCTURA MECÁNICA	Limpieza general de la máquina.	Ayudante de mantenimiento	1	1	2,08	2,08	Guaípe	0,5 lb	1	0.50	Manguera y pistola de compresor	
			Revisión del estado de la mesa de corte.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	1 und	1	1	Caja de herramientas	
			Ajuste de pernos y platinas de la mesa.	Operador	1	1	2,92	2,92	Guantes de pupos	1 und	1	1	Llaves mixtas	
			Revisar estado de la nivelación de la máquina.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	1 und	1	1	Caja de herramientas	
	EI-CP-MH01-MSN01	SISTEMA NEUMÁTICO	Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	1 lb	1	1	Caja de herramientas	
			Revisar el estado de las válvulas de paso y cierre.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	-----	Llaves mixtas	
			Controlar la pérdida de fluido de aire comprimido y oxígeno.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	1 und	1	1	Caja de herramientas	
	EI-CP-MH01-MSC01	SISTEMA DE CORTE	Revisión del estado de la boquilla.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	----	----	----	-----	Caja de herramientas	
			Ajuste de la antorcha.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de cuero	1	1.50	1.50	Llaves mixtas	
	EI-CP-MH01-ESE01	SISTEMA ELÉCTRICO	Reemplazo del cable de alimentación.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Taípe 3M	1 und	0.75	0.75	cortafríos	
									Cable eléctrico sólido AWG10	4 m	6.50	26	Juego de destornilladores	
									Guantes de pupos	1 und	1	1	Abrazaderas	
			Ajuste de conexiones eléctricas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	2,19	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Juego de destornilladores
										Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Juego de destornilladores
			Cambio de la pinza de masa.	Técnico de Mantenimiento	1	0,75	2,92	2,19	Taípe 3M	1 und	0.75	0.75	Llaves mixtas	
									Pinza de masa	1 und	27	27	cortafríos	
Cambio del interruptor.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	cortafríos				
						Interruptor	1 und	2.50	2.50	Juego de destornilladores				

Repuestos y materiales para la plegadora HACO

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA				REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E	
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	N° de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E
PLEGADORA HACO (EI-PC-PH01)	EI-PC-PH01-MEM01	SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA MECÁNICA	Cambiar el motor.	Técnico de Mantenimiento	----	----	----	200	----	----	----	----	----
			Reajuste de tensión en cadena.	Técnico de Mantenimiento	2	1	5	10	Guantes de pupos	1 und	1	1	Tensor de cadena
			Limpieza y aplicación de líquido anticorrosivo.	Técnico de Mantenimiento	2	3	5	15	Guantes desechables	2 und	1	2	Manguera y pistola de compresor
									Guaípe	1 lb	1	1	Espátula
									Spray anticorrosivo WD40	1 und	7	7	Caja de herramientas
			Limpieza general de la máquina.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor
	Realizar pruebas de nivelación de la máquina.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	----	Caja de herramientas		
	EI-PC-PH01-MSH01	SUBSISTEMA HIDRÁULICO	Cambiar el filtro del depósito, y filtrar todo el aceite hidráulico.	Técnico de Mantenimiento	2	10	5	50	Guantes desechables	2 und	1	2	Filtradora
									Guaípe	1 lb	1	1	Embudo
									Filtro de aceite	1 und	16	16	Llave mixta Caja de herramientas Depósito
			Análisis de aceite.	Contratación externa	----	----	----	50	----	----	----	----	----
			Revisión del estado del cilindro de compresión.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	----	Caja de herramientas
			Inspección de válvula de regulación de presión.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	----	----	----	----	Llave mixta
			Sustitución del filtro de aceite de aspiración.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guantes desechables	1 und	1	1	Llave mixta
									Guaípe	1 lb	1	1	Caja de herramientas
									Filtro de aceite	1 und	16	16	Depósito
			Revisar que las mangueras no presenten roturas o deterioro.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	1 und	1	1	Caja de herramientas
	EI-PC-PH01-MSL01	SUBSISTEMA DE LUBRICACIÓN	Revisar el estado de las líneas de lubricación.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	1 lb	1	1	Caja de herramientas
			Revisar y rellenar de aceite lubricante hasta el nivel indicado.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	Guantes desechables	1 und	1	1	Llave mixta
									Guaípe	1 lb	1	1	Bayoneta
	Aceite hidráulico	0,25 lt	2	0.50	Embudo								
	EI-PC-PH01	SUBSISTEMA ELÉCTRICO	Ajuste de conexiones eléctricas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Juego de destornilladores
			Medición de corrientes y tensiones.	Técnico de Mantenimiento	1	1	2,92	2,92	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Multímetro

Repuestos y materiales para la motoslodadora MILLER BIG BLUE 400XPRO

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA					REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	N° de personas	Horas hombre total (Horas)	Costo hora hombre USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E
MOTOSLIDADORA MILLER BIG BLUE 400XPRO (EI-AC - MM02)	EI-AC-MM02-EMP01	MOTOR PRINCIPAL	Inspeccionar la bomba de inyección.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	5,83	----	----	----	----	Caja de herramientas
			Drenar restos de lodo del tanque de almacenamiento.	Técnico de Mantenimiento	2	1,5	5	7,5	Guaípe	1 lb	1	1	Llave mixta
			Revisar el nivel de aceite y si es necesario rellenarlo.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes desechables	2 und	1	2	Depósito
			Cambiar filtro de aire.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guantes desechables	1 und	1	1	Llave mixta
									Guaípe	1 lb	1	1	Bayoneta
									Aceite hidráulico	0,25 lt	2	0,50	Embudo
									Filtro de aire	1 und	40	40	Llaves mixtas
			Cambiar filtro de aceite.	Técnico de Mantenimiento	1	2	2,92	5,83	Guaípe	1 lb	1	1	Caja de herramientas
	Guantes de pupos	1 und							1	1	Manguera y pistola de compresor		
	Guantes desechables	1 und							1	1	Llave mixta		
	Limpiar con aire comprimido el radiador.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	1 lb	1	1	Caja de herramientas		
							Filtro de aceite	1 und	16	16	Depósito		
	Limpieza del tanque de combustible.	Ayudante de mantenimiento	2	3	5	15	Guaípe	1 lb	1	1	Manguera y pistola de compresor		
							Spray anticorrosivo WD40	1 und	7	7	Espátula		
	EI-AC-MM02-02	SISTEMA ELÉCTRICO	Cargar la batería.	Operador	1	0,25	2,92	0,73	----	----	----	----	Tomacorriente
			Revisar estado de bornes y cables de baterías.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Juego de destornilladores
	EI-AC-MM02-MEM01	ESTRUCTURA MECÁNICA	Ajuste de pernos flojos.	Ayudante de mantenimiento	1	0,5	2,08	1,04	----	----	----	----	Juego de destornilladores
			Limpieza general de la máquina con aire comprimido.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	0,5 lb	1	1,50	Manguera y pistola de compresor
	EI-AC-MM02-EGP01	GENERADOR DE POTENCIA	Revisar parámetros eléctricos (devanado estator).	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Multímetro
			Inspección de soportes deteriorados.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	----	----	----	----	Caja de herramientas
			Inspeccionar estado de conexiones eléctricas.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	Multímetro
			Revisar estado de carbones (fisuras).	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	0,5 lb	1	0,50	Llave mixta Juego de destornilladores

Repuestos y materiales para el taladro radial HARVEY

PLAN DE MANTENIMIENTO				MANO DE OBRA					REPUESTOS Y MATERIALES. R&M				HERR / EQUI. H&E	
Máquina	Código	Descripción	Tarea de mantenimiento	Especialista	Nº pers.	Horas homb. total, Horas	Costo hora homb. USD	Costo mano de obra total USD	Descripción R&M	Cantidad y Unidad	Costo unitario USD	Costo total R&M USD	Descripción H&E	
TALADRO RADIAL HARVEY (EL-PC-TH01)	EL-PC-TH01-MSM01	SUBSISTEMA DE ESTRUCTURA A MECÁNICA	Limpieza general de la máquina.	Operador	1	1	2,92	2,92	Guaípe	0,5 lb	1	0.50	Manguera y pistola de compresor	
			Inspección del eje principal y muelas del mandril.	Técnico de Mantenimiento	2	4	5	20	-----	-----	-----	-----	Llave de presión	
			Revisión de la carcasa.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guaípe	0,5 lb	1	0.50	Caja de herramientas	
			Ajustar pernos y nivelar mesa de trabajo.	Operador	1	0,5	2,92	1,46	Guantes de pupos	1 und	1	1	Llave mixta	
	EL-PC-TH01-ESE01	SUBSISTEMA ELÉCTRICO	Reemplazar el interruptor.	Técnico de Mantenimiento	1	0,5	2,92	1,46	Guantes dieléctricos	1 und	1.50	1.50	-----	-----
									Interruptor	1 und	2.50	2.50	Juego de destornilladores	
									Taípe 3M	1 und	0.75	75	-----	-----
			Reemplazar el cable de alimentación.	Técnico de Mantenimiento	1	0,75	2,92	2,19	Cable eléctrico sólido AWG12	4 m	3	12	Juego de destornilladores	
									Guantes de pupos	1 und	1	1	Abrazaderas	
									-----	-----	-----	-----	Caja de herramientas	
	Revisar el estado de la botonera.	Técnico de Mantenimiento	1	0,25	2,92	0,73	-----	-----	-----	-----	Caja de herramientas			
	EL-PC-TH01-MSG01	SUBSISTEMA DE COLUMNA GIRATORIA	Reparar la columna de soporte.	Técnico de Mantenimiento	2	4	5	20	Guantes de pupos	1 und	1	1	-----	Soldadora de arco eléctrico
									Electrodo 7018 a base de níquel	1 lb	2.25	2.25	Caja de herramientas	
			Rellenado de aceite a través de los puntos de lubricación.	Técnico de Mantenimiento	2	1	5	5	Guantes desechables	1 und	1	1	Llave mixta	
									Guaipe	1 lb	1	1	Bayoneta	
	EL-PC-TH01-MSH01	SUBSISTEMA DE HUSILLO	Inspección del motor eléctrico del husillo.	Técnico de Mantenimiento	2	4	5	20	-----	-----	-----	-----	-----	Llave de presión
									-----	-----	-----	-----	-----	Llave de presión
			Cambio de aceite.	Técnico de Mantenimiento	2	4	5	20	Guaipe	1 lb	1	1	Caja de herramientas	
									Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Embudo	
									Aceite lubricante	0,5 glns	14	7	Llave mixta	
			Engrase de engranajes.	Técnico de Mantenimiento	2	2	5	10	Guaipe	2 lb	1	2	Pistola Engrasadora	
									Guantes desechables	1 und	0.80	0.80		
									Grasa NLGI 2	200 gr	0.03	5		
			Filtrado de aceite.	Técnico de Mantenimiento	1	3	2,92	8,75	Guantes desechables	1 und	0.80	0.80	Filtradora	
Embudo														
Llave mixta														
Depósito														

ANEXO J: CERTIFICADO DE CONFORMIDAD.



INDUACERO
INDUSTRIA DE ACERO DEL ECUADOR CIA. LTDA.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES



Latacunga, 22 de marzo de 2021.

Ingeniero
José Antonio Granizo Ph.D
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.
Presente

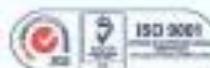
Señor Director:

Por medio del presente, en calidad de representante legal de la Empresa INDUACERO CIA LTDA. certifico que el trabajo integración curricular: "ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE PRODUCCIÓN Y MANUALES TÉCNICOS PARA CAJAS COMPACTADORAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA EMPRESA INDUACERO CIA. LTDA.", desarrollado por los señores: CASA GUALPA JHONNY PAÚL, y CHUQUI NAULA WELLINGTON GUSTAVO, ha sido concluido de conformidad a los intereses de la Empresa

Por la atención que se sirva dar al presente, me suscribo de usted.

Atentamente,

Ing. Javier Estrada,
GERENTE GENERAL
INDUACERO CIA. LTDA.



ANEXO K:**ÍNDICE DEL MANUAL TÉCNICO DE LA CAJA COMPACTADORA.**

1. PRÓLOGO		
1.1	Bienvenido	5
1.2	Propósito del manual	5
1.3	Alcance	5
1.4	Características del equipo	5
1.5	Consideraciones generales	5
2. SEGURIDAD		
2.1	Normas generales de seguridad	9
2.2	Normas de seguridad específicas del equipo	9
2.3	Normas de seguridad para el mantenimiento	9
3. OPERACIÓN		
3.1	Distribución de partes externas de la caja compactadora CCB-IAE	13
3.2	Inspección antes de la operación	13
3.3	Instrumentos y mandos	13
3.3.1	Control del toma de fuerza (P.T.O. Power Take Off)	13
3.3.2	Mandos externos traseros	14
3.3.3	Mandos externos delanteros	14
3.3.4	Seguros de la compuerta de la tolva	14
3.4	Funciones de control	15
3.4.1	Funciones de barrido o arrastre	15
3.4.2	Función de deslizado	15
3.4.3	Funciones de la compuerta de la tolva posterior	16
3.4.4	Funciones del eyector	16
3.5	Procedimientos de carga de desechos	16
3.5.1	Recolección manual de basura	16
3.5.2	Carga de contenedores móviles con mecanismo lifter	17
3.6	Compactado de desechos	17
3.7	Descarga de los desechos	17
4. MANTENIMIENTO		
4.1	Lavado	21
4.2	Sistema mecánico	21
4.2.1	Estructura	21
4.2.2	Toma de fuerza	21
4.2.3	Bomba	21
4.2.4	Velocidad de operación	21
4.3	Sistema hidráulico	21
4.3.1	Depósito de aceite	22
4.3.2	Aceite hidráulico	22
4.3.3	Filtros	22
4.3.4	Cilindros	22
4.3.5	Panel eyector y guías de rodadura	23
4.4	Inspecciones	23
4.5	Lubricación	23
4.6	Programa de mantenimiento preventivo	24

ANEXO L: CAPACITACIÓN-EMPRESA INDUACERO CÍA. LTDA.

