

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANES DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS CNC

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ing. En Mantenimiento Industrial

Alumnos:

Leandro Ariel Rebolledo Bravo

Profesor Guía:

Ing. Mg. Pablo Andrés Duque Ramírez

DEDICATORIA

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, Sergio y Doris. Gracias a su dedicación, esfuerzo y sacrificio, he tenido la valiosa oportunidad de acceder a la continuidad de estudios. Su respaldo constante ha sido fundamental para lograr uno de mis mayores objetivos, estudiar esta carrera. Aprecio enormemente su esmero diario y su presencia constante en cada etapa de este desafío educativo. Además, agradezco a toda mi familia, en especial a mis padrinos (Raúl y María), a mi prima Yenifer, abuelos y a mi tío Leo, quienes también han brindado un apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria académica.

Y también a los profesores del departamento de Mecánica de la sede José Miguel Carrera, especialmente a:

Pablo Duque Ramírez, Un dedicado profesor que se ha comprometido con sus alumnos, brindando constantemente su apoyo y conocimientos académicos, además de contar con el privilegio de sea mi profesor guía.

Cristian Rojas, A quien siempre le agradezco por su constante respaldo y orientación académica.

Mis agradecimientos y muchas bendiciones para todos ellos.

Leandro.

RESUMEN

El resumen de la presente memoria es proponer planes de mantenimiento a los equipos CNC de “ECUT”, lo cuales son los que a ellos les presentan un mayor índice de fallas, obteniendo un listado de cuatro equipos en los que nos encontramos con los siguientes:

- CNC láser EL 6040
- CNC Router ER 6040
- CNC Router 1325
- CNC láser metal fibras 1500

De estos equipos se obtienen bases de datos de los equipos ingresados al taller de “ECUT” y las visitas a terreno con los cuales se logra obtener las fallas más repetitivas, los costos asociados a estas entre otros datos que serán cruciales para la planificación del FMECA y la creación de los planes de mantenimiento para los equipos.

En el primer capítulo, se identificaron las actividades los modos de falla comunes entre todos los equipos y los que son exclusivos de estos, ya sea en equipos láser o Router, de esta manera se obtienen síntomas asociados previos a la falla, modos en los que estas pueden ocurrir y efectos que estas causan en la unidad.

En el segundo capítulo se propusieron actividades de mantenimiento mediante la aplicación de un FMECA diferentes para cada grupo de equipos, dividiéndose en láser y Router, para que de esta forma se logren identificar, planificar y proponer las actividades de mantenimiento necesaria para cada modo de falla que se presentan en los activos logrando jerarquizar la criticidad de cada una de estas.

En el tercer capítulo se encuentran las pautas de mantenimiento específicas para cada tipo de equipo, láser y Router, en las cuales logramos identificar pautas de mantenimiento específicas para implementar mensualmente, cada tres meses, semestrales y anual, las cuales se adaptan y abordan cada uno de los modos de fallos comunes y por los

cuales los equipos presentaban las fallas, de esta forma se logran optimizar el rendimiento de los activos, mantener su continuidad operacional, mantener la precisión y las tolerancias con las que estos trabajan. A su vez se logra mantener un gasto en mantenimientos planificados por lo cual las empresas que cuentan con los equipos de “ECUT” podrán establecer los costos que se asociarán a estos equipos, mientras que de esta forma la empresa que presta en servicio de post venta y mantenimiento mantendrá un flujo estable de mantenimientos programados a equipos con lo cual obtendrá un flujo de utilidades por realizar el servicio de mantención a los equipos que ellos mismos vendieron con anterioridad.

ÍNDICE

DEDICATORIA	1
RESUMEN	2
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVO GENERAL:	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	11
CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA COMUNES EN LOS EQUIPOS CNC	12
1.1 RESEÑA DE LA EMPRESA	13
1.2 PROBLEMÁTICA.	13
1.3 EQUIPOS PARA ANALIZAR.....	14
1.4 MODOS DE FALLA DE LOS EQUIPOS	18
1.5 ELEMENTOS DE LOS MODOS DE FALLA.	24
1.5.1 DESCALIBRACIÓN DE SENSORES	24
1.5.2 FALTA DE LUBRICACIÓN DE RIELES.....	25
1.5.3 FALTA LIMPIEZA.....	26
1.5.4 FALLA EN SENSORES	26
1.5.5 ACTUALIZACION DE SOFTWARE.....	27
1.5.6 FALLA DE RODAMIENTOS	27

1.5.7 PROBLEMAS DE CABLEADO	27
1.5.8 NIVELACIÓN DE MESA	28
1.5.9 FALLO EN LA PATALLA DEL DISPLAY	28
1.5.10 EQUIPO NO ENVIA PULSO LÁSER.....	29
1.5.11 ESPEJOS EN MAL ESTADO	29
1.5.12 CAMBIO DE TUBOS Y BOQUILLAS	30
 CAPÍTULO 2: PROPONER PLANES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FMECA	 31
2.1 DESCRIPCION DEL FMECA	32
2.1.1 Sistema-Subsistema	32
2.1.2 Descripción de la función	32
2.1.3 Falla funcional	33
2.1.4 Modo de falla.....	34
2.1.5 Efecto de falla.....	35
2.1.6 Frecuencia de falla.....	39
2.1.7 Costos directos por falla	39
2.1.8 Impacto en la seguridad y ambiental	39
2.1.9 Riesgo cualitativo	39
2.1.10 Actividad de mantenimiento.....	41
2.1.11 Acción a ejecutar	41
 2.2 HOJA DE DECISIÓN.....	 43
 2.2 FMECA DE EQUIPOS LÁSER Y ROUTTER.....	 45
 CAPÍTULO 3: EVALUAR LOS PLANES DE MANTENIMIENTO TÉCNICA Y ECONOMICA DETERMINANDO LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA	 47
 3.1 CRITICIDAD DE MODOS DE FALLA EN EQUIPOS LÁSER Y ROUTTER. ..	 48
 3.2 COSTOS DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO	 50

3.3 PAUTAS DE MANTENIMIENTO.....	54
CONCLUSIONES	64
ANEXOS	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 EL-6040/60W PLUS Fuente: ECUT	15
Ilustración 2 LA-ARTESANA	15
Ilustración 3 1325 3,2KW Fuente: ECUT	16
Ilustración 4 Láser Metal 1530 Fuente: ECUT	17
Ilustración 5 Fuente: Elaboración propia.....	34
Ilustración 6 Riesgo cualitativo Fuente: Elaboración propia.....	40
Ilustración 7 Fuente: Elaboración propia.....	42
Ilustración 8 Hoja de decisión equipo Láser Fuente: Elaboración propia	43
Ilustración 9 Hoja de decisión equipo Láser Fuente: Elaboración propia	43
Ilustración 10 Hoja de decisión equipo Routter Fuente: Elaboración propia.....	44
Ilustración 11 Hoja de decisión equipo Routter Fuente: Elaboración propia.....	44
Ilustración 12 FMECA Equipo Láser FUENTE: Elaboración propia	45
Ilustración 13 FMECA Equipo Routter Fuente: Elaboración propia	46
Ilustración 14 Matriz de Riesgo Fuente: Elaboración propia	48
Ilustración 15 Matriz de Riesgo Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración 18 Diagrama de decisión Fuente: PPT Clase Pablo Duque.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de falla y cantidad Fuente: Elaboración propia	13
Tabla 2 EL-6040 Fuente: ECUT	15
Tabla 3 ER-6040 Fuente: ECUT	16
Tabla 4 ER-1325 Fuente: ECUT	16
Tabla 5 FIBLAS 1500 Fuente: ECUT.....	17
Tabla 6 Fallas EL 6040 Fuente: Elaboración propia	18
Tabla 7 Fallas El 6040 Fuente: Elaboración propia	19
Tabla 8 Fallas FIBLAS 1500 Fuente: Elaboración propia	20
Tabla 9 Fallas Láser 1530 1500W Fuente: Elaboración propia	20
Tabla 10 Fallas Láser 1530 1500W Fuente: Elaboración propia	21
Tabla 11 Fallas Láser 1530 2000W Fuente: Elaboración propia	21
Tabla 12 Falla Láser 1530 3000 Fuente: Elaboración propia.....	21
Tabla 13 Falla Láser sin especificar Fuente: Elaboración propia.....	21
Tabla 14 Fallas ER 1325 Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 15 Fallas ER 1325 Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 16 Fallas ER 6090 Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 17 Fallas Router sin identificar Fuente: Elaboración propia	23
Tabla 18 Modos de falla Fuente: Elaboración propia.....	36
Tabla 19 Modos de falla Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 20 Modos de falla Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 21 Costos de acciones mantenimiento Router Fuente: Elaboración propia	51
Tabla 22 Costos de acciones mantenimiento Laser Fuente: Elaboración propia	52
Tabla 23 Pauta de mantenimiento equipo laser Fuente: Elaboración propia	55
Tabla 24 Pauta de mantenimiento equipo laser Fuente: Elaboración propia	56
Tabla 25 Pauta de mantenimiento equipo laser Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 26 Pauta de mantenimiento equipo laser Fuente: Elaboración propia	58
Tabla 27 Pauta de mantenimiento equipo Router Fuente: Elaboración propia	59
Tabla 28 Pauta de mantenimiento equipo Router Fuente: Elaboración propia	60
Tabla 29 Pauta de mantenimiento equipo Router Fuente: Elaboración propia	61
Tabla 30 Pauta de mantenimiento equipo Router Fuente: Elaboración propia	62

INTRODUCCIÓN

La empresa “ECUT” ofrece una variedad de equipos de control numérico “CNC” pensados desde emprendedores o pequeñas empresas hasta para la gran industria, donde se encuentran con máquinas de corte láser, Router de corte y equipos para metal mecánica, a su vez mantiene un stock de repuestos e insumos que son necesarios en el rubro de estos implementos, las instalaciones se encuentran en “Alejandro Fierro #4514, Quinta normal, Santiago Chile”. Los servicios que cuentan son los de venta, post venta y mantenimiento.

En el servicio de post venta se realizan diversas acciones de mantenimiento a los equipos, ya sea preventivo como correctivo, pese a esto se observa una gran cantidad de incidencia repetitivas en los equipos, presentándose fallas comunes entre estos mismo o fallas aisladas. Pese a que las acciones de mantenimiento son llevadas a cabo según los parámetros establecidos en el servicio estos no cumplen con los estándares ni con planes detallados y enfocados en los equipos, las fallas más comunes que se presentan son:

- Calibración de equipos (81 intervenciones)
- Lubricación de rieles (36 intervenciones)
- Limpieza de elementos y equipo (51 intervenciones)
- Actualización de software (10 intervenciones)
- Cambio de sensores (10 intervenciones)
- Cambio de elementos de corte (18 intervenciones)

En ECUT se tiene diversos equipos Router y láser de los cuales se están teniendo problemas, por el motivo a que están teniendo fallas repetitivas, para poder resolver este problema es necesario el diseño de las pautas de mantenimientos específicas para los equipos, buscando establecer algunos criterios y reconocer las características, funciones de las máquinas a estudiar, recomendaciones generadas por los fabricantes entre otras características relevantes para estos equipos, en conjunto de los modos de fallas más comunes que se están generando en estos, debido a que con esto se logra obtener información con la

cual se obtendrán los síntomas previos, frecuencia de fallo, acciones correctivas que se realizan, y la criticidad de cada falla. Mediante el análisis de modos de fallas “FMECA” se lograrán dar indicadores de los cuales se obtienen datos cruciales para el diseño y planificación de los planes que se desarrollaran en conjunto con estrategias de mantenimiento que se deben efectuar para llevar a cabo la acción correctiva.

OBJETIVO GENERAL:

Proponer planes de mantenimiento a equipos CNC mediante la aplicación de FMECA generando un servicio de post venta

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Identificar los modos de falla comunes de los equipos CNC a partir de información técnica, describiendo sus causas y efectos.

Proponer planes de mantenimiento mediante la aplicación de FMECA identificando acciones de mantenimiento

Evaluar los planes de mantenimiento técnica y económicamente determinando la viabilidad de la propuesta

CAPÍTULO 1: IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA COMUNES EN LOS EQUIPOS CNC

1.1 RESEÑA DE LA EMPRESA

“ECUT” Inicio como una empresa familiar en el año 2018, dedicándose únicamente al rubro de venta de equipos “CNC” con el paso del tiempo comenzaron a ampliar el enfoque de los clientes que deseaban atraer, dando el paso de un rubro más del área educacional a emprendedores y empresas que confiaron en la marca. Desde los inicios de esta empresa se comienza a desarrollar un área de servicio técnico donde se ha tratado de generar una buena relación con el cliente obteniendo una rápida respuesta en caso de emergencias y gran fiabilidad de los equipos.

A su vez cuentan con una amplia variedad de insumos para los equipos y el área de la metalmecánica y equipos CNC en conjunto de repuestos específicos para los equipos que comercializan.

1.2 PROBLEMÁTICA.

En la empresa “ECUT” se cuenta con el servicio de mantenimiento, ya sea en sus instalaciones para equipos pequeños que los clientes llevan a estas como en terreno, para las máquinas de grandes dimensiones que no son posible llevar de un punto a otro, en cualquiera de estos casos se realizan mantenimientos de manera correctiva como preventiva guiándose en ocasiones por una pauta transversal que no está especificada para cada uno de los equipos, de esta manera se estipula la necesidad de focalizar los modos de fallas y sus causas, realizando planes de acciones específicos para cada unidad, de esta manera optimizando las pautas existentes y creando nuevas.

Entre los modos de fallas más comunes nos encontramos con lo siguiente:

FALLA	CANTIDAD QUE SE REPITE
Descalibración de sensores	81
Lubricación de rieles	36
Limpieza	51
Actualización de software	10
Cambio de sensores	10
Cambio de elementos de corte	18

Tabla 1 Tipos de falla y cantidad

Fuente: Elaboración propia

1.3 EQUIPOS PARA ANALIZAR.

Se analizan dos tipos de equipos entre los cuales encontraremos los equipos láser y los Router:

- Láser: Su funcionamiento se basa en un control numérico por computadora el cual realiza cortes, grabados, marcado entre otras operaciones en variados materiales, entre los que pueden encontrar comúnmente aceros al carbono e inoxidable, estos equipos utilizan un rayo láser el cual es la herramienta de corte o grabado dependiendo la función que esté cumpliendo y para la cual fue programada previamente, todo esto se basa y guía mediante trazados planificados en los programas aceptados por el equipo los cuales son previamente creados o seteados.
- Router: su funcionamiento básico es muy similar al láser, son equipos de control numérico computarizado, altamente utilizados en el área de la carpintería, manufactura entre otras, realizan labores de trazado, mecanizado, corte y grabado, estas máquinas utilizan herramientas de corte para poder efectuar sus labores, algunas de las herramientas utilizadas pueden ser fresas, brocas, grabadoras entre otras, el equipo debe ser seteado y programado previamente para el material seleccionado, ya sea metal, madera, espuma, plástico o materiales similares a estos que son los más comunes.

En el momento de la planificación y elaboración de planes de mantenimientos se seleccionaron 4 equipos, de los cuales son los más vendidos y los que más fallas presentan en el servicio de post venta de “ECUT”.

Equipo CNC láser 6040 Modelo: EL-6040/60W PLUS



Ilustración 1 EL-6040/60W PLUS
Fuente: ECUT

Características:

EL-6040	
Voltaje	Monofásico AC220V/50Hz
Área de trabajo	600 x 400 [mm]
Potencia	60W
Movilidad	Ejes X e Y con guía de riel lineal
Velocidad máxima de trabajo	300 [mm/s]
Comunicación	USB o pendrive

Tabla 2 EL-6040
Fuente: ECUT

Equipo CNC Router LA-ARTESANA Modelo: ER-6090/1.5KWSOB



Ilustración 2 LA-ARTESANA
Fuente: ECUT

Características:

ER-6040	
Voltaje	Monofásico AC 220V/50Hz
Área de trabajo	600 x 400 x 105 [mm]
Potencia	1,5KW
Movilidad	Ejes X e Y y Z con guía de riel lineal y husillo
Velocidad máxima de trabajo	300 [mm/min]
Velocidad de giro del motor	24000 RPM
Comunicación	USB interconectado a computador

Tabla 3 ER-6040

Fuente: ECUT

Equipo CNC Router 1325 302KW Modelo: CNCRT13253K WDSP



Ilustración 3 1325 3,2KW

Fuente: ECUT

Características:

ER-1325	
Voltaje	Monofásico AC 220V/50Hz
Área de trabajo	1300 x 2500 x 180 [mm]
Movilidad	Eje X e Y con guía de riel cuadrado y piñón cremallera
Movilidad	Eje Z con guía de riel de tornillo y rodamiento lineal
Velocidad máxima de trabajo	10000 [mm/min]
Potencia de motor (Spindle)	3,2KW
Refrigeración del motor	Mediante agua
Velocidad de giro del motor	24000 RPM
Controlador	Sistema DSP (no requiere computador externo)

Tabla 4 ER-1325

Fuente: ECUT

Equipo CNC Láser metal 1530 Modelo: Fibras1500M AXH



Ilustración 4 Láser Metal 1530
Fuente: ECUT

Características:

FIBLAS 1500	
Voltaje	Trifásico 380V
Área de trabajo	1500 x 3000 [mm]
Generador láser	1500W/220V
Formato de mesa	Mesa plana abierta tipo cama
Movilidad	Eje X (ball screw) Eje Y (Square rail)
Motor de desplazamiento	850W
Capacidad de corte	4,5 [mm] Inox
	14 [mm] Acero carbono
Velocidad de corte	2 [mm/min] Inox
	8 [mm/min] Acero carbono
Controlador	CYPWELL
Formato compatible	.dxf .dwg

Tabla 5 FIBLAS 1500
Fuente: ECUT

1.4 MODOS DE FALLA DE LOS EQUIPOS

Para los equipos láser se encuentran los siguientes modos de fallas y acciones de mantenimiento.

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
EL 6040	Cambio lente	1
EL 6040	Cambio sensor de agua	1
EL 6040	Cambio filtros ventilación	1
EL 6040	Cambio de controlador	1
EL 6040	Reconexión de bomba	1
EL 6040	Cambio display	2
EL 6040	Cambio sensores	1
EL 6040	Cambio correa Eje X	2
EL 6040	Cambio bomba de aire	1
EL 6040	Cambio de espejos	1
EL 6040	Falla por arco en tubo Láser	1
EL 6040	Soldadura de conexiones	1
EL 6040	Ajuste de Pernos	1
EL 6040	Cambio rodamientos	1
EL 6040	Ajuste de correas ejes X Y	2
EL 6040	Falla bomba agua	1
EL 6040	Conexión manguera bomba	1
EL 6040	Cambio de tubo	1
EL 6040	Reconectar cables Láser (invertir)	1
EL 6040	Cambio puerto USB	1
EL 6040	No sostiene piezas	1
EL 6040	Cambio ramal sensor	1
EL 6040	Energizar bomba agua	1
EL 6040	Equipo no enciende	1
EL 6040	Fuente de poder en corto	1
EL 6040	Cambio de puntero Láser	1
EL 6040	No funciona Eje Y	1
EL 6040	Cambio de Switch	1
EL 6040	Nivelación de mesa	6
EL 6040	Cambio de rodamientos	1
EL 6040	Ajuste pernos	4
EL 6040	Cambio correa Eje X e Y	1
EL 6040	Fallo de extractor corte (ventilador)	1
EL 6040	Cambio de ventilador	1

Tabla 6 Fallas EL 6040
Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
EL 6040	Fallo refrigeración CHILLER	1
EL 6040	Cambio ventilador CHILLER	1
EL 6040	Cortes imperfectos	2
EL 6040	Falla alimentación	1
EL 6040	Ajuste de conexiones de agua	1
EL 6040	Actualización de software	3
EL 6040	Fallo display	1
EL 6040	Cambio fuente de poder	2
EL 6040	Limpieza	14
EL 6040	No realiza Home	1
EL 6040	configuración de software	1
EL 6040	No arroja Láser	4
EL 6040	Cambio tubo Láser	3
EL 6040	No realiza movimientos	1
EL 6040	Cambio sensor eje X	3
EL 6040	Cambio de lentes	2
EL 6040	Lente desfasado	1
EL 6040	calibración mediana Rdworks	1
EL 6040	Cambio de tubo Láser	1
EL 6040	Chequeo general	16
EL 6040	lubricación de rieles	12
EL 6040	calibración	29

Tabla 7 Fallas El 6040
Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
FIBLAS 1500	Fallo de generador	1
FIBLAS 1500	Interferencia pantalla	1
FIBLAS 1500	Cambio de conjunto movimiento eje Z	1
FIBLAS 1500	instalación de soportes	1
FIBLAS 1500	Cambio Fusible	1
FIBLAS 1500	Generador bloqueado	1
FIBLAS 1500	Recibir indicaciones proveedor de generador para desbloquear	1
FIBLAS 1500	configuración equipo	1
FIBLAS 1500	Equipo no enciende	1
FIBLAS 1500	Ajuste de CHILLER	1
FIBLAS 1500	Cambio mangueras CHILLER	1
FIBLAS 1500	Cambio de cable de alimentación	1
FIBLAS 1500	No arroja láser	1
FIBLAS 1500	Cambio tubo láser	1
FIBLAS 1500	Equipo no corta	1
FIBLAS 1500	Equipo no se comunica con pc	1
FIBLAS 1500	Verificar actualización de RAYCUS	1
FIBLAS 1500	lubricación de rieles	1
FIBLAS 1500	calibración	6

Tabla 8 Fallas FIBLAS 1500

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
LÁSER 1530 1500W	Cambio generador láser	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio lente de protección	1
LÁSER 1530 1500W	Interferencia pantalla	1
LÁSER 1530 1500W	regulación de lubricación	1
LÁSER 1530 1500W	Limpieza caja controladora	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio estabilizador de voltaje	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio tubo Co2	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio Cables láser	1
LÁSER 1530 1500W	Limpieza	4
LÁSER 1530 1500W	No arroja láser	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio tubo láser	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio sensor eje X	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio de lentes	1
LÁSER 1530 1500W	Cambio de tubo láser	1
LÁSER 1530 1500W	calibración	1

Tabla 9 Fallas Láser 1530 1500W

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
LÁSER 1530 1500W	Cambio ramal tubo Láser	1
LÁSER 1530 1500W	Chequeo general	1
LÁSER 1530 1500W	lubricación de rieles	3
LÁSER 1530 1500W	calibración	3

Tabla 10 Fallas Láser 1530 1500W

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
LÁSER 1530 2000W	Cambio de lentes	1
LÁSER 1530 2000W	calibración	1

Tabla 11 Fallas Láser 1530 2000W

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
LÁSER 1530 3000W	Lente interno dañado	1
LÁSER 1530 3000W	Lente protector sucio	1
LÁSER 1530 3000W	Protector eje Y doblado	1
LÁSER 1530 3000W	Error 840 / Cambio de servo motor	1
LÁSER 1530 3000W	Limpieza	2
LÁSER 1530 3000W	Chequeo general	1
LÁSER 1530 3000W	lubricación de rieles	1
LÁSER 1530 3000W	calibración	1

Tabla 12 Falla Láser 1530 3000

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
Láser sin especificar	Falla de Switch de encendido	1
Láser sin especificar	Cambio lentes	1
Láser sin especificar	Ajuste de Pernos	1
Láser sin especificar	Ajuste de lente enfoque	1
Láser sin especificar	Ajuste de correas ejes X Y	1
Láser sin especificar	Problema de corte	1
Láser sin especificar	actualización de software	2
Láser sin especificar	Limpieza	3
Láser sin especificar	Cambio tubo láser	1
Láser sin especificar	Chequeo general	1
Láser sin especificar	lubricación de rieles	3
Láser sin especificar	calibración	5

Tabla 13 Falla Láser sin especificar

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos por los equipos láser intervenidos por “ECUT” se puede apreciar claramente que existen diversos problemas, debido a que existen modos de falla repetitivos en gran cantidad entre los cuales los más comunes son:

- Descalibración de sensores
- Lubricación de rieles
- Limpieza del equipo
- Nivelación de mesa
- Falla en pantalla del Display
- Falla en sensores (eje X e Y)
- Equipo no envía pulso de láser
- Espejos en mal estado
- Cambio de tubos y boquillas (desgaste por uso y falta limpieza)

Para los equipos Router podemos se obtuvieron los siguientes modos de fallas y acciones de mantenimiento.

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
ER 1325	Mal montaje de rotor "RISHAUTO"	1
ER 1325	Cambio control DSP	1
ER 1325	Fallo botón "roto"	1
ER 1325	Fallo de cables "roto"	1
ER 1325	configuración de software (modulo DPS)	2
ER 1325	Cambio sensor eje Y	1
ER 1325	Ajuste de correas ejes X Y	1
ER 1325	Cambio tubo	1
ER 1325	Fallo control DPS	1
ER 1325	Sprinter no acciona	1
ER 1325	Cambio de Sprinter	1
ER 1325	Ajuste de correas	1
ER 1325	Cambio de computador	1
ER 1325	Cambio de rodamientos	2
ER 1325	Eje y sin movimiento	1
ER 1325	Cambio patines eje Y	1
ER 1325	Cambio botón parada emergencia	1

Tabla 14 Fallas ER 1325
Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
ER 1325	Fallo DSP	1
ER 1325	Cambio DSP	1
ER 1325	Ruido en polea eje X	1
ER 1325	Fallo lubricación	1
ER 1325	Cambio de polea	1
ER 1325	Ajuste de correa	1
ER 1325	mantención sistema lubricación	1
ER 1325	Ajuste de acoples	1
ER 1325	Falla alimentación	1
ER 1325	Cambio Contactor	1
ER 1325	instalación de estabilizador	1
ER 1325	Corregir conexión cableado	1
ER 1325	Actualización de software	2
ER 1325	Limpieza	4
ER 1325	Cambio tubo Láser	1
ER 1325	Chequeo general	3
ER 1325	lubricación de rieles	4
ER 1325	calibración	7

Tabla 15 Fallas ER 1325
Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
ER 6090	Máquina en corto	1
ER 6090	Falla movimiento eje Y	1
ER 6090	Switch eje z mal cableado	1
ER 6090	reubicación sensor eje Z	1
ER 6090	Cambio sensor eje Z	1
ER 6090	Cambio de cable de alimentación	1
ER 6090	actualización de software	2
ER 6090	Limpieza	1
ER 6090	Cambio sensor eje X	1
ER 6090	calibración	4

Tabla 16 Fallas ER 6090
Fuente: Elaboración propia

EQUIPO	FALLA	CANTIDAD
Routter sin identificar	Limpieza	1
Routter sin identificar	Chequeo general	1
Routter sin identificar	lubricación de rieles	1
Routter sin identificar	calibración	1

Tabla 17 Fallas Routter sin identificar
Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos por los equipos Router intervenidos por “ECUT” es posible identificar la existencia de diversos problemas, debido a los diferentes modos de falla los cuales se pueden observar que son similares al láser, entre estos, nos encontramos con los más comunes:

- Descalibración de sensores
- Lubricación de rieles
- Limpieza del equipo
- Falla en sensores (eje X, Y y Z)
- Actualización de software
- Falla en rodamientos
- Problemas en cableados

1.5 ELEMENTOS DE LOS MODOS DE FALLA.

En los equipos CNC (control numérico computarizado) se encuentran con una gran variedad de componentes y elementos que trabajan en conjunto para cumplir una función por la cual fue programada, a su vez si alguno de estos se comienza a deteriorar o falla, el objetivo principal del equipo no se llevara a cabo en su totalidad o de la forma en que es requerida.

Para los modos de falla comunes observamos los siguientes:

1.5.1 DESCALIBRACIÓN DE SENSORES

Los equipos al sufrir este desperfecto tienen un impacto significativo en su rendimiento y precisión debido a que pueden existir variaciones en las coordenadas programadas en el sistema a las que está entregando el equipo con posición deseada causando un sinnúmero de problemas, algunos de estos son:

- Inexactitud en las dimensiones de las piezas
- Acabados irregulares

- Errores de posicionamiento
- Golpes al realizar home
- Equipo no realiza operación por su estado

1.5.2 FALTA DE LUBRICACIÓN DE RIELES

Al tener problemas en la lubricación o falta de aquel elemento en las partes móviles de los CNC se acorta significativamente la vida de elementos rodantes, aumentos de temperatura en sus guías, movimientos menos precisos o más bruscos además que puede llegar un punto que el equipo se trabe por la falta de lubricación o llegue a deteriorar hasta la falla alguno de los elementos móviles entre los que encontramos los siguientes:

- Rodamientos
- Guías
- Correas
- Servomotores

Algunos de los síntomas que se pueden apreciar cuando está ocurriendo este modo de falla son:

- Ruido excesivo
- Sobrecalentamiento
- Movimientos inestables o poco precisos
- Incremento de la fricción y temperatura de los rieles
- Desgaste de elementos rodantes

1.5.3 FALTA LIMPIEZA

Es un modo de falla típico por el uso de la máquina CNC por tiempo prolongado si preocuparse por su estado o debido a que algún material con el cual se está trabajando desprende mucha viruta o polvo, el cual deja una gran cantidad de suciedad al interior de este, a su vez ese problema que puede ser fácil de solucionar puede traer muchos efectos secundarios entre los que podemos encontrar:

- Baja de potencia láser
- Opacidad en espejos
- Sensores descalibrados
- Desgaste prematuro en elementos rodantes
- Sobrecalentamiento
- Falla de lubricación

1.5.4 FALLA EN SENSORES

Cuando un equipo tiene desperfectos en cualquiera de sus sensores (ya sea en cualquiera de sus ejes X, Y y Z) cualquier tipo de movimiento realizado por esta se ve afectado ya que estos son cruciales para la operación y la detección de la posición en la que se encuentra el equipo a su vez esta puede producir otro tipo de fallas o que el equipo CNC quede fuera de servicio. Entre algunas de las fallas más comunes que ocurren al fallar los sensores podemos encontrar:

- Equipo no realiza home
- Colisión del equipo con material o partes de este
- Errores de posicionamiento
- Pérdida de precisión
- Equipo no realiza ningún tipo de operación
- Equipo descalibrado

1.5.5 ACTUALIZACION DE SOFTWARE

Al no encontrarse con las últimas actualizaciones los equipos CNC pueden tener problemas de compatibilidad con los archivos que se le desean cargar para realizar la operación o también tener problemas al conectarlos a un computador, las fallas más comunes que se pueden encontrar son:

- Incompatibilidad
- Errores de programación
- Perdida de parámetros

1.5.6 FALLA DE RODAMIENTOS

Al presentarse este modo de falla puede ser causado por variados factores, ya sea desde desgaste normal por el uso como por algún desperfecto que está ocasionando que estos fallen, debido a que estos son elementos esenciales que se utilizan para el movimiento de las partes del equipo, entre alguno de los factores que podemos encontrar son:

- Desgaste por uso
- Desgaste acelerado por otras fallas
- Aumento de temperatura en los elementos rodantes
- Vibraciones
- Ruido
- Falta de lubricación

1.5.7 PROBLEMAS DE CABLEADO

Es un modo de falla algo común en cualquier tipo de equipo, pero más recurrente en los láseres debido a que estos presentan una mayor tasa de fallos de este modo, a su vez por temas de temperaturas generadas o arcos eléctricos que se generan en la boquilla lo que

ocasiona fallas en el equipo, también por problemas de instalación o vibraciones que son comunes en cualquier unidad.

Entre las fallas más comunes que se encuentran en este modo encontramos:

- Cableado cortado
- Arcos eléctricos por cables defectuosos
- Ramal de cables suelto o con desperfectos
- Conexiones sueltas

1.5.8 NIVELACIÓN DE MESA

Modo de falla o anomalía que se presenta luego de haber sido golpeada cuando se instala el material o al realizar algún tipo de operación para la cual no estaba diseñada la mesa del equipo como también puede ser debido al mismo equipo que realizara una presión o movimiento anormal sobre la mesa de trabajo, alguno de los síntomas relacionados a este modo de fallo son los siguientes:

- Problemas de sujeción
- Pérdida de precisión y calidad
- Problemas en la calibración del equipo

1.5.9 FALLO EN LA PANTALLA DEL DISPLAY

Se presenta mayormente en los equipos láser industriales de la empresa, ya que estos cuentan con una pantalla externa donde se pueden controlar todo el equipo y desde ahí se realizan todas las correcciones, este modo de falla se debe principalmente a fallas en sí de la misma pantalla y sus conexiones, ya sea por temas de interferencias generadas por el láser, problemas en las conexiones de la placa interna de la pantalla que fallan por las mismas vibraciones generadas por la unidad al estar trabajando, soltura del ramal de cables o cortes de este, algunos de sus síntomas son:

- Interferencia
- Pantalla en blanco o negro
- Pantalla parpadeante
- No enciende pantalla
- Comunicación de la pantalla es de manera esporádica

1.5.10 EQUIPO NO ENVIA PULSO LÁSER

Este modo de falla solo se presenta en equipos láser, sus principales motivos se deben a fallas en el generador láser o su fuente de poder, también puede recaer en la falta de mantención o limpieza a los lentes que proyectan este rayo lo cual baja su intensidad o envían el pulso en una dirección errónea causando que este no sea enviado a la salida donde se es deseado, entre algunos de los síntomas que nos encontramos son:

- Láser no responde
- Láser es de menor intensidad
- Intermitencia del pulso

1.5.11 ESPEJOS EN MAL ESTADO

Falla común y recurrente en los equipos láser, debido al prolongado uso de estos, los espejos se comienzan a ensuciar causando mala proyección del laser, a su vez con el tiempo las vibraciones o golpes que puede recibir el equipo estos se trizan o rompen causando fallas en la proyección del láser, algunos síntomas de estos modos de fallas son:

- Láser es de menor intensidad
- No se proyecta el láser

1.5.12 CAMBIO DE TUBOS Y BOQUILLAS

Estos componentes son elementos esenciales en las máquinas láser, los tubos en los equipos láser CO2 son los responsables de la generación del haz láser, y estos se van gastando a medida que se utiliza la máquina, por ende es un elemento que se cambia cada ciertas horas de uso, a su vez las boquillas ayudan a enfocar y dirigir el láser hacia la pieza en la cual se está trabajando, también existen algunas fallas que ocurren más específicamente en el último elemento mencionado, ya que si no se limpia con frecuencia es se puede obstruir o al dañarse puede generar un arco eléctrico el cual dañara cableado de este o algún elemento adyacente. Algunos de los síntomas que se presentan son:

- Pérdida de potencia
- Láser con intermitencia
- Daños visibles en la boquilla
- Arco eléctrico
- Proyección del pulso Láser en dirección no deseada o no centrada.
- Descalibración de la unidad

Con los datos y patrones de falla obtenidos se logran identificar elementos críticos, periodos de fallas en los que estos pueden fallar, o un aproximado de esto, a su vez de la sintomatología presente en cada modo de falla encontrado, con lo cual se obtienen los primeros indicios o síntomas antes de la ocurrencia del hecho.

CAPÍTULO 2: PROPONER PLANES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FMECA

2.1 DESCRIPCION DEL FMECA

Es una metodología que se utiliza para evaluar y priorizar modos de fallas potenciales, en lo cual se debe ir desde lo más externo a lo interno, analizando el sistema, subsistema, hasta llegar a algún elemento critico que pertenezca a esta unidad, logrando ver si con la falla de este se presenta una falla total del activo y el impacto que genera en este o si solo baja su nivel de producción o impacta en la calidad de esta.

Las principales características o partes principales de este son:

- Modo de falla
- Efecto de falla
- Criticidad de la falla

2.1.1 Sistema-Subsistema

En este punto del análisis se debe identificar el sistema o subsistema con el cual se estará trabajando, ya sea una planta en general, una sección de esta, equipos determinados, para poder identificar los modos de fallas que se presentan y la criticidad de cada uno de estos.

En el caso se analizarán 2 sistemas los cuales son:

- Equipo Láser
- Equipo Router

2.1.2 Descripción de la función

Entrega información sobre las operaciones básicas o parámetros mínimos u óptimos de funcionamiento del activo, estos datos son los claves para determinar cuánto el sistema entra en algún modo de falla o está fuera de los parámetros deseados.

Equipos Láser:

- Realizar cortes
- Grabado mediante Láser
- El comando que se esté programando en ese momento en el equipo

Equipo Router:

- Realizar cortes
- Grabados en materiales que están dentro de los parámetros operacionales del equipo con el que se está trabajando.

2.1.3 Falla funcional

Muestra y describe las condiciones en las que el sistema o equipo no está cumpliendo con las operaciones deseadas o con sus parámetros de funcionamiento.

En ambos equipos se logra encontrar con el mismo tipo de falla funcional:

- No realiza la operación con los parámetros programados en el sistema o con las tolerancias estimadas.

Sistema / Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional
Sistema: Equipos Laser	1	Realizar cortes, grabado mediante laser o lo que se este programando en ese momento en el equipo	1	No realizar la operación como se programo en el sistema o con las tolerancias estimadas

Sistema / Subsistema	#	Descripción de la Función	#	Falla Funcional
Sistema: Equipos Router	1	Realizar cortes y grabados en materiales que están dentro de los parámetros operacionales del equipo con el que se está trabajando	1	No realizar la operación con las características ni dimensiones con la que se grabo en el sistema o con las tolerancias estimadas

Ilustración 5
Fuente: Elaboración propia

2.1.4 Modo de falla

Describe el tipo o modalidad de la falla que se encuentra en el sistema o activo, con este nombre dado se puede tener una idea clara de que elemento o parte del sistema no se encuentra en condiciones o está causando el desperfecto, a su vez podemos contabilizar la cantidad de modos de fallas que se presentan en esta sección.

Para equipos Router encontramos los siguientes:

- Descalibración de sensores
- Falta de lubricación de rieles
- Limpieza de equipo
- Nivelación de mesa
- Falla en display
- Falla en sensores
- No envía pulso Láser
- Espejos dañados
- Generador no envía pulso
- Cambio de tubos
- Cambio de boquillas

Para equipos Router encontramos los siguientes:

- Descalibración de sensores
- Falta de lubricación de rieles
- Limpieza de equipo
- Nivelación de mesa
- Desactualización de software
- Falla en display
- Falla en rodamientos
- Problemas de cableado

2.1.5 Efecto de falla

Muestra los efectos que presentan los modos de fallas, problemas o errores que presenta el equipo al momento de fallar o estar presentándose alguna anomalía, estas son en su mayoría visibles para el operario y a su vez pueden verse reflejadas en el display del equipo en algunos casos.

#	Modo de Falla	Efecto Falla
1.1	Descalibración	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Errores de posicionamiento, inexactitud de dimensiones, golpes contra el equipo, equipo no realiza operaciones, acabados irregulares. Acción Correctiva: Calibración
1.2	Falta de lubricación de rieles	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Ruido excesivo, desgaste de elementos rodantes, sobrecalentamiento, movimientos poco precisos. Acción Correctiva: Lubricar y revisar sistema de lubricación si es que cuenta
1.3	Limpieza	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Baja de potencia en laser, problemas en lubricación, suciedad en el área de trabajo, aumento de temperatura. Acción Correctiva: Limpiar maquina
1.4	Nivelación de mesa	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Problemas de sujeción del material, perdida de precisión, problemas con la calibración del equipo. Acción Correctiva: Nivelación de mesa, cambio de pernos de sujeción y calibración del equipo

Tabla 18 Modos de falla
Fuente: Elaboración propia

#	Modo de Falla	Efecto Falla
1.5	Falla en Display	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Interferencia, fallos de comunicación entre equipo y pantalla, pantalla en blanco o negro, parpadeos. Acción Correctiva: Cambio de pantalla
1.6	Falla en sensores	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Equipo no realiza operaciones, pérdida de precisión, colisión del equipo con material o contra sus terminales de carrera, equipo no realiza home. Acción Correctiva: Cambio de sensor y calibración de estos
1.7	No enviar pulso de laser	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del láser no responde. Acción Correctiva: Limpieza o cambio de espejos, revisión o cambio de fuente de poder y cambio de tubo
1.8	Espejos dañados	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del láser no responde. Acción Correctiva: Cambio de fuente de poder y generador

Tabla 19 Modos de falla
Fuente: Elaboración propia

#	Modo de Falla	Efecto Falla
1.9	Generador no envía pulso	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del láser no responde. Acción Correctiva: Cambio de fuente de poder y generador
1.10	Tubos	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del láser no responde. Acción Correctiva: Cambio de fuente de poder y generador
1.11	Boquillas	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Daños visibles, arco eléctrico, desvío en la dirección de proyección del láser. Acción Correctiva: Cambio de boquilla

Tabla 20 Modos de falla
Fuente: Elaboración propia

2.1.6 Frecuencia de falla

Cuantifica la cantidad de ocurrencias del modo de falla que ocurren en el año, dándonos un indicador el cual nos servirá para medir la criticidad al juntarlo con otros indicadores.

2.1.7 Costos directos por falla

Costo asociado a la falla lo que involucra lo siguiente:

- Horas hombre
- Insumos
- Repuestos
- Logística
- Entre otros

2.1.8 Impacto en la seguridad y ambiental

Indicador el cual entrega una clasificación (A, B y C) donde A es el mayor impacto y C el menor, esto ayuda a apreciar la cantidad de impacto en la seguridad al ocurrir el modo de falla.

2.1.9 Riesgo cualitativo

Muestra donde se ubicarían cualitativamente los indicadores de impacto en la seguridad con el impacto ambiental mezclando sus nomenclaturas para luego utilizarlas en la matriz de riesgos

#	Modo de Falla	Frecuencia de Falla	MTTR (Desde la Detención a la Puesta en Marcha)	Impacto en la Producción CLP/hr	Costos Directos por Falla CLP/Falla	Impacto en la Seguridad	Impacto Ambiental	Riesgo Cuantitativo CLP/Año	Riesgo Cualitativo	Gráfico
1.1	Descalibracion	6	8	\$ -	\$ 150.000	B	C	\$ 900.000	BC	2,0
1.2	Falta de lubricacion de rieles	5	8	\$ -	\$ 50.000	C	C	\$ 250.000	CC	1,0
1.3	Limpieza	12	8	\$ -	\$ 50.000	C	B	\$ 600.000	CB	2,0
1.4	Nivelacion de mesa	1	8	\$ -	\$ 150.000	B	C	\$ 150.000	BC	2,0
1.5	Falla en Display	1	8	\$ -	\$ 451.875	B	C	\$ 451.875	BC	2,0
1.6	Falla en sensores	3	8	\$ -	\$ 306.271	B	C	\$ 918.813	BC	2,0
1.7	No enviar pulso de laser	3	8	\$ -	\$ 656.695	C	C	\$ 1.970.085	CC	1,0

Ilustración 6 Riesgo cualitativo
Fuente: Elaboración propia

2.1.10 Actividad de mantenimiento

Se basan en el árbol de decisión del RCM el cual se utiliza de manera de ir respondiendo preguntas hasta llegar a alguna respuesta, donde se encuentran las siguientes:

- Tarea a condición
- Tarea reacondicionamiento cíclico
- Tarea a sustitución cíclica
- Tarea a búsqueda de fallas
- Rediseño, el cual debe justificarse

2.1.11 Acción a ejecutar

Acción correctiva con la cual el modo de falla vuelve a su normalidad con los parámetros deseados y de esta manera devolviendo la función al activo estudiado

Sistema / Subsistema	#	Modo de Falla	Efecto Falla	Actividad Mtto	Acción a Ejecutar
Sistema: Equipos Laser	1.1	Descalibracion	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Errores de posicionamiento, inexactitud de dimensiones, golpes contra el equipo, equipo no realiza operaciones, acabados irregulares. Acción Correctiva: Calibracion	REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Calibracion
	1.2	Falta de lubricacion de rieles	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Ruido excesivo, desgaste de elemntos rodantes, sobrecalentamiento, movimientos poco precisos. Acción Correctiva: Lubricar y revisar sistema de lubricacion si es que cuenta	REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Lubricacion general
	1.3	Limpieza	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Baja de potencia en laser, problemas en lubricacion, suciedad en el area de trabajo, aumento de temperatura. Acción Correctiva: Limpiar maquina	TAREA A CONDICIÓN	Limpieza de equipo
	1.4	Nivelacion de mesa	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Problemas de sujecion del material, perdida de precision, problemas con la calibracion del equipo. Acción Correctiva: Nivelacion de mesa, cambio de pernos de sujecion y calibracion del equipo	REACONDICIONAMIENTO CÍCLICO	Nivelacion de mesa
	1.5	Falla en Display	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Interferencia, fallos de comunicación entre equipo y pantalla, pantalla en blanco o negro, parpadeos. Acción Correctiva: Cambio de pantalla	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de Display
	1.6	Falla en sensores	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Equipo no realiza operaciones, perdida de precision, clision del equipo con material o contra sus terminales de carrera, equipo no realiza home. Acción Correctiva: Cambio de sensor y calibracion de sensores	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de Sensores
	1.7	No enviar pulso de laser	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del laser, no responde. Acción Correctiva: Limpieza o cambio de espejos, revision o cambio de fuente de poder y cambio de tubo	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de fuente de poder y tubos
	1.8	Espejos dañados	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): No proyecta laser, baja intensidad del laser. Acción Correctiva: Limpieza o cambio de espejos	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de espejos
	1.9	Generador no envia pulso	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del laser, no responde. Acción Correctiva: Cambio de fuente de poder y generador	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de Generador laser
	1.10	Tubos	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Laser con intermitencia, perdida de potencia. Acción Correctiva: cambio de tubo	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de tubo
	1.11	Boquillas	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Daños visibles, arco electrico, desvio en la direccion de proyeccion del laser. Acción Correctiva: Cambio de boquilla	TAREA A CONDICIÓN	Cambio de Boquilla

Ilustración 7
Fuente: Elaboración propia

2.2 HOJA DE DECISIÓN

Basado en el árbol de decisión existente y el modo de falla existente se deben tomar decisiones respondiendo a preguntas del diagrama mencionado con anterioridad, de este modo se obtiene la respuesta al tipo de mantenimiento a realizar, de la siguiente manera para cada tipo de equipo se obtiene las siguientes tablas:

Hoja de decisión RCM		Sistema/Activo:				Sistema N°		Facilitador:			
		Sub-Sistema/Componente:				Sub-Sistema N°		Auditor:			
Rederencia de Información		Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"		
						S1	S2	S3			
						O1	O2	O3			
F	FF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4
1	1.1	S	N	N	S	N	S				
1	1.2	N				N	S				
1	1.3	S	N	N	S	S					
1	1.4	S	N	N	S	N	S				
1	1.5	S	N	N	S	N	N	N			
1	1.6	S	N	N	S	S					
1	1.7	S	N	N	S	S					
1	1.8	S	N	N	S	S					
1	1.9	S	N	N	S	N	N	N			
1	1.10	S	N	N	S	N	N	N			
1	1.11	S	N	N	S	N	N	N			

Ilustración 8 Hoja de decisión equipo Láser
Fuente: Elaboración propia

Hoja de decisión RCM	Sistema	Fecha:
	Sub-Sistema	Fecha:
Rederencia de Información		Tareas Propuestas
F	FF	
1	1.1	Reacondicionamiento ciclico: Monitoreo de Condiciones Físicas . Revision de calibracion del equipo, calibracion periodica
1	1.2	Reacondicionamiento ciclico: Monitoreo de Condiciones Físicas . Lubricacion de elementos
1	1.3	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas . Revision periódica de la limpieza del equipo
1	1.4	Reacondicionamiento ciclico: Monitoreo de Condiciones Físicas . Revision de la nielacion del equipo
1	1.5	Ningun mantenimiento proactivo: Mantenimiento correctivo . Cambio de DISPLAY
1	1.6	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas . Revision periódica de sensores
1	1.7	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas . Revision periódica de componentes del laser.
1	1.8	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas . Revision periódica de espejos.
1	1.9	Ningun mantenimiento proactivo: Mantenimiento correctivo . Cambio de generador laser
1	1.10	Ningun mantenimiento proactivo: Mantenimiento correctivo . Cambio de tubos
1	1.11	Ningun mantenimiento proactivo: Mantenimiento correctivo . Cambio de boquillas

Ilustración 9 Hoja de decisión equipo Láser
Fuente: Elaboración propia

Hoja de decisión RCM	Sistema/Activo:					Sistema N°		Facilitador:			
	Sub-Sistema/Componente:					Sub-Sistema N°		Auditor:			
Rederencia de Información		Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"		
						S1	S2	S3			
						O1	O2	O3			
F	FF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4
1	1.1	S	N	N	S	N	S				
1	1.2	N				N	S				
1	1.3	S	N	N	S	S					
1	1.4	S	N	N	S	N	S				
1	1.5	S	N	N	S	S					
1	1.6	S	N	N	S	S					
1	1.7	S	N	N	S	S					
1	1.8	S	N	N	S	S					

Ilustración 10 Hoja de decisión equipo Router
Fuente: Elaboración propia

Hoja de decisión RCM	Sistema	Fecha:									
	Sub-Sistema	Fecha:									
Rederencia de Información		Tareas Propuestas									
F	FF										
1	1.1	Reacondicionamiento cíclico: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision de calibracion del equipo, calibracion periodica									
1	1.2	Reacondicionamiento cíclico: Monitoreo de Condiciones Físicas. Lubricacion de elementos									
1	1.3	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision periódica de la limpieza del equipo									
1	1.4	Reacondicionamiento cíclico: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision de la nielacion del equipo									
1	1.5	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision periódica de actualizaciones de software									
1	1.6	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision periódica de sensores									
1	1.7	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision periódica de rodamientos									
1	1.8	Tarea a condición: Monitoreo de Condiciones Físicas. Revision periódica de cableados y ramal									

Ilustración 11 Hoja de decisión equipo Router
Fuente: Elaboración propia

En base a los siguientes datos obtenidos se logrará determinar el tipo de actividad de mantenimiento que le corresponderá a cada modo de falla de ambo tipos de equipos (Láser y Router), con la base de datos obtenida de la empresa se logra identificar que se aplicaran dos tipos de acciones:

- Tarea a condición
- Reacondicionamiento cíclico

2.2 FMECA DE EQUIPOS LÁSER Y ROUTTER.

A continuación, se aprecian los FMECA correspondientes a cada equipo con los datos obtenidos por medio de ECUT.

Sistema / Subsistema	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Efecto Falla	Frecuencia de Falla	MTTR (Desde la Detención a la Puesta en Marcha)	Impacto en la Producción CLP/hr	Costos Directos por Falla CLP/Falla	Impacto en la Seguridad	Impacto Ambiental	Riesgo Cuantitativo CLP/Año	Riesgo Cualitativo	Gráfico
Sistema: Equipos Láser	No realizar la operación como se programó en el sistema o con las tolerancias estimadas	1.1	Descalibración	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Errores de posicionamiento, inexactitud de dimensiones, golpes contra el equipo, equipo no realiza operaciones, acabados irregulares. Acción Correctiva: Calibración	6	8	\$ -	\$ 150.000	B	C	\$ 900.000	BC	2,0
		1.2a	de lubricación de r	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Ruido excesivo, desgaste de elementos rodantes, sobrecalentamiento, movimientos poco precisos. Acción Correctiva: Lubricar y revisar sistema de lubricación si es que cuenta	5	8	\$ -	\$ 50.000	C	C	\$ 250.000	CC	1,0
		1.3	Limpieza	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Baja de potencia en láser, problemas en lubricación, suciedad en el área de trabajo, aumento de temperatura. Acción Correctiva: Limpiar máquina	12	8	\$ -	\$ 50.000	C	B	\$ 600.000	CB	2,0
		1.4	Nivelación de mesa	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Problemas de sujeción del material, pérdida de precisión, problemas con la calibración del equipo. Acción Correctiva: Nivelación de mesa, cambio de pernos de sujeción y calibración del equipo	1	8	\$ -	\$ 150.000	B	C	\$ 150.000	BC	2,0
		1.5	Falla en Display	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Interferencia, fallos de comunicación entre equipo y pantalla, pantalla en blanco o negro, parpadeos. Acción Correctiva: Cambio de pantalla	1	8	\$ -	\$ 451.875	B	C	\$ 451.875	BC	2,0
		1.6	Falla en sensores	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Equipo no realiza operaciones, pérdida de precisión, colisión del equipo con material o contra sus terminales de conexión, equipo no	3	8	\$ -	\$ 306.271	B	C	\$ 918.813	BC	2,0
		1.7	No enviar pulso de láser	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del láser, no responde.	3	8	\$ -	\$ 656.695	C	C	\$ 1.970.085	CC	1,0
		1.8	Espejos dañados	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): No proyecta láser, baja intensidad del láser. Acción Correctiva: Limpieza o cambio de espejos	2	8	\$ -	\$ 309.325	C	C	\$ 618.650	CC	1,0
		1.9	Generador no envía puls	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Intermitencia en el pulso, menor intensidad del láser, no responde.	1	12	\$ -	\$ 6.450.000	C	C	\$ 6.450.000	CC	1,0
		1.10	Tubos	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Láser con intermitencia, pérdida de potencia. Acción Correctiva: cambio de tubo	6	8	\$ -	\$ 498.659	C	C	\$ 2.991.954	CC	1,0
		1.11	Boquillas	Evidente: Si. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Daños visibles, arco eléctrico, desvío en la dirección de proyección del láser. Acción Correctiva: Cambio de boquilla	4	8	\$ -	\$ 103.375	C	C	\$ 413.500	CC	1,0

Ilustración 12 FMECA Equipo Láser
FUENTE: Elaboración propia

Sistema / Subsistema	#	Modo de Falla	Efecto Falla	Frecuencia de Falla	MTTR (Desde la Detención a la Puesta en Marcha)	Impacto en la Producción CLP/hr	Costos Directos por Falla CLP/Falla	Impacto en la Seguridad	Impacto Ambiental	Riesgo Cuantitativo CLP/Año	Riesgo Cualitativo	Gráfico
Sistema: Equipos Router	1.1	Descalibracion	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Errores de posicionamiento, inexactitud de dimensiones, golpes contra el equipo, equipo no realiza operaciones, acabados irregulares. Acción Correctiva: Calibracion	6	8	\$ -	\$ 150.000	B	C	\$ 900.000	BC	2,0
	1.2	Falta de lubricacion de rieles	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Ruido excesivo, desgaste de elemntos rodantes, sobrecalentamiento, movimientos poco precisos. Acción Correctiva: Lubricar y revisar sistema de lubricacion si es que cuenta	5	8	\$ -	\$ 50.000	C	C	\$ 250.000	CC	1,0
	1.3	Limpieza	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Baja de potencia en laser, problemas en lubricacion, suciedad en el area de trabajo, aumento de temperatura. Acción Correctiva: Limpiar maquina	12	8	\$ -	\$ 50.000	C	B	\$ 600.000	CB	2,0
	1.4	Nivelacion de mesa	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Problemas de sujecion del material, pérdida de precision, problemas con la calibracion del equipo. Acción Correctiva: Nivelacion de mesa, cambio de pernos de sujecion y calibracion del equipo.	1	8	\$ -	\$ 150.000	B	C	\$ 150.000	BC	2,0
	1.5	Desactualizacion de Software	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Sistema no reconoce programas a cargar, problemas de compatibilidad. Acción Correctiva: Actualizar software	1	8	\$ -	\$ 358.500	B	C	\$ 358.500	BC	2,0
	1.6	Falla en Display	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Interferencia, fallos de comunicación entre equipo y pantalla, pantalla en blanco o negro, parpadeos. Acción Correctiva: Cambio de pantalla	1	8	\$ -	\$ 1.110.600	B	C	\$ 1.110.600	BC	2,0
	1.7	Falla en Rodamientos	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Ruido, vibraciones, aumento de temperatura, movimientos menos precisos. Acción Correctiva: Cambio de rodamientos	2	8	\$ -	\$ 342.238	B	C	\$ 684.476	BC	2,0
	1.8	Problemas de cableado	Evidente: Sí. Afecta SHA: No. Efecto Operacional (Síntomas): Arcos electricos, apagones repentinos, falta de movimientos o señales, pérdidas de comunicación. Acción Correctiva: Revision completa del ramal, revision de conexiones, cambio de cables o ramal y conectores involucrados	1	8	\$ -	\$ 445.000	B	B	\$ 445.000	BB	2,0

Ilustración 13 FMECA Equipo Router
Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de los FMECA se logra obtener cuales son los modos de falla más críticos, los elementos que más falla, aunque su impacto es menor y los costos relacionados a estos, en consecuencia, se lograra evaluar cada uno de los modos en el siguiente capitulo.

CAPÍTULO 3: EVALUAR LOS PLANES DE MANTENIMIENTO TÉCNICA Y ECONOMICA DETERMINANDO LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA

3.1 CRITICIDAD DE MODOS DE FALLA EN EQUIPOS LÁSER Y ROUTTER.

En base a los datos establecidos en el FMECA se logró obtener una jerarquización de los modos de fallas desde el más crítico para los equipos hasta los con una criticidad menor de estos, de esta forma podemos obtener datos económicos y de la criticidad en el equipo por la falla que lo afecta o puede afectar en un futuro.

Para los casos analizados obtenemos el FMECA en conjunto de su matriz de riesgo la cual nos ayuda a identificar de manera económica y cualitativa la criticidad de estos.



Ilustración 14 Matriz de Riesgo

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el FMECA realizado con los datos entregados por “ECUT” logramos encontrar las fallas más comunes en los equipos Láser y en consecuencia los logramos priorizar desde cual riesgo es el que tiene mayor impacto y menor, los costos asociados a la falla, estos son los siguientes:

1. Generador no envía pulso Láser, \$6450000
2. Cambio de tubos (consumibles), \$ 2991954
3. No enviar pulso Láser, \$1970085 costo total
4. Falla de sensores, \$918813
5. Descalibración, \$900000
6. Limpieza, \$600000
7. Falla en display, \$451875
8. Nivelación de mesa, \$150000
9. Espejos dañados, \$618650
10. Cambio de boquillas (consumibles), \$413500
11. Falta de lubricación en rieles, \$250000

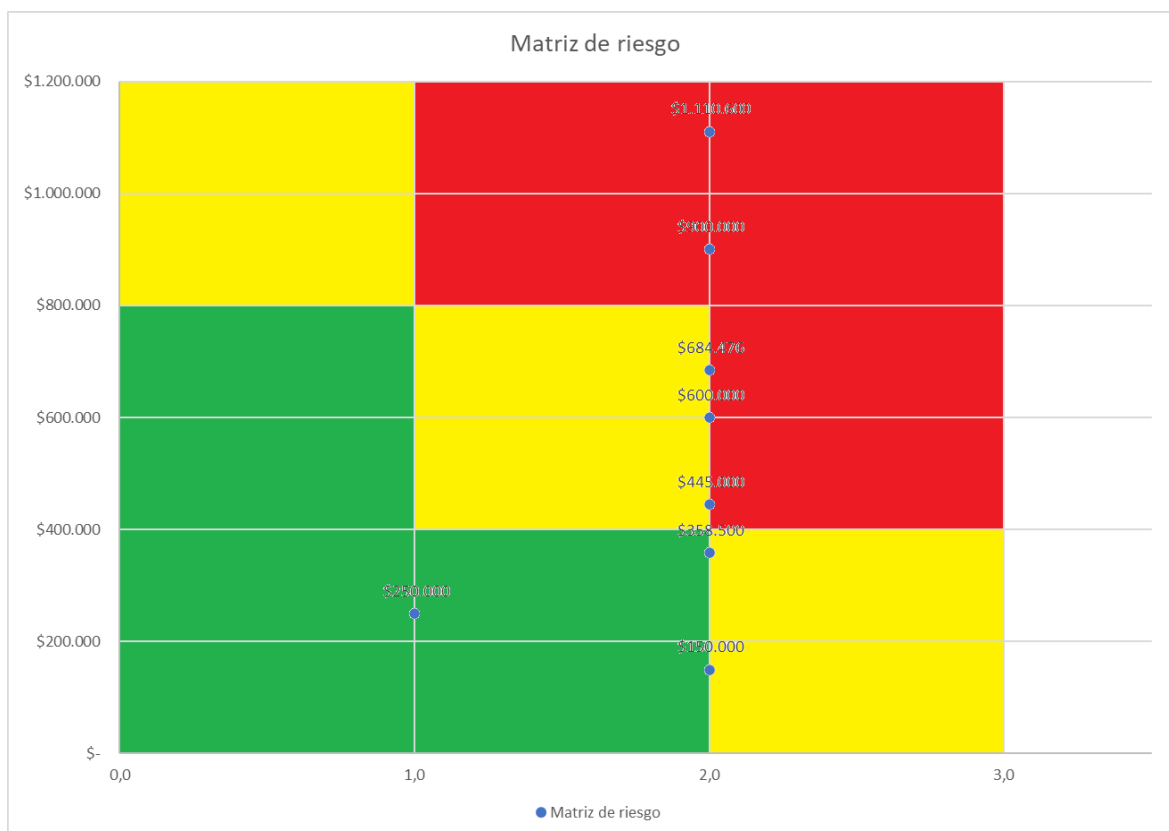


Ilustración 15 Matriz de Riesgo
Fuente: Elaboración propia

Al analizar el FMECA realizado con los datos entregados por “ECUT” logramos encontrar las fallas más comunes en los equipos Router y en consecuencia los logramos priorizar desde cual riesgo es el que tiene mayor impacto y menor, los costos asociados a la falla, estos son los siguientes:

1. Fallo en display, \$1110600
2. Descalibración, \$900000
3. Falla en rodamientos, \$684476
4. Limpieza, \$600000
5. Problemas de cableado, \$445000
6. Desactualización de software, \$358500
7. Nivelación de mesa, \$150000
8. Falta de lubricación en rieles, \$250000

3.2 COSTOS DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Por cada modo de falla en los equipos analizados se obtienen diferentes acciones de mantenimiento las cuales deben ser realizadas con anterioridad a que ocurra la falla o cada vez que esta ya es percibida por los operarios, debido a esto se deben realizar inspecciones con alguna frecuencia predefinida para anteponerse a las situaciones no deseadas, de este modo se encuentran los siguientes costos asociados a los equipos Láser y Router:

Sistema / Subsistema	#	Modo de Falla	Actividad MTTO	Acción a Ejecutar	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales o servicios requeridos	PTTO ANUAL
Sistema: Equipos Router	1.1	Descalibración	Reacondicionamiento cíclico	Calibración	\$ 50.000	\$ -	\$ 150.000
	1.2	Falta de lubricación de rieles	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación general	\$ 50.000	\$ -	\$ 50.000
	1.3	Limpieza	Tarea a condición	Limpieza de equipo	\$ 50.000	\$ -	\$ 50.000
	1.4	Nivelación de mesa	Reacondicionamiento cíclico	Nivelación de mesa	\$ 50.000	\$ -	\$ 150.000
	1.5	Desactualización de Software	Tarea a condición	Actualizar software	\$ 50.000	\$ 58.500	\$ 358.500
	1.6	Falla en Display	Tarea a condición	Cambio de Display	\$ 50.000	\$ 810.600	\$ 1.110.600
	1.7	Falla en Rodamientos	Tarea a condición	Cambio de rodamientos	\$ 50.000	\$ 42.238	\$ 684.476
	1.8	Problemas de cableado	Tarea a condición	Cambio de ramal o cables	\$ 50.000	\$ 145.000	\$ 445.000
						TOTAL	\$ 2.998.576

Tabla 21 Costos de acciones mantenimiento Router
Fuente: Elaboración propia

Sistema / Subsistema	#	Modo de Falla	Actividad MTTO	Acción a Ejecutar	Tarifa Especialidad	Insumos, Materiales o servicios requeridos	PTTO ANUAL
Sistema: Equipos Laser	1.1	Descalibración	Reacondicionamiento cíclico	Calibración	\$ 50.000	\$ -	\$ 150.000
	1.2	Falta de lubricación de rieles	Reacondicionamiento cíclico	Lubricación general	\$ 50.000	\$ -	\$ 50.000
	1.3	Limpieza	Tarea a condición	Limpieza de equipo	\$ 50.000	\$ -	\$ 50.000
	1.4	Nivelación de mesa	Reacondicionamiento cíclico	Nivelación de mesa	\$ 50.000	\$ -	\$ 150.000
	1.5	Falla en Display	Tarea a condición	Cambio de Display	\$ 50.000	\$ 151.875	\$ 451.875
	1.6	Falla en sensores	Tarea a condición	Cambio de Sensores	\$ 50.000	\$ 6.271	\$ 918.813
	1.7	No envía pulso de laser	Tarea a condición	Cambio de fuente de poder y tubos	\$ 50.000	\$ 356.695	\$ 1.970.085
	1.8	Espejos dañados	Tarea a condición	Cambio de espejos	\$ 50.000	\$ 9.325	\$ 618.650
	1.9	Generador no envía pulso	Tarea a condición	Cambio de Generador laser	\$ 50.000	\$ 5.850.000	\$ 6.450.000
	1.10	Tubos	Tarea a condición	Cambio de tubo	\$ 50.000	\$ 398.659	\$ 2.991.954
	1.11	Boquillas	Tarea a condición	Cambio de Boquilla	\$ 50.000	\$ 3.375	\$ 413.500
						TOTAL	\$ 14.214.877

Tabla 22 Costos de acciones mantenimiento Laser
Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en ambos FMECAS realizados para los equipos Láser y Router se logran obtener varios resultados e indicadores de los cuales es posible guiarse y tomar como referencia para la recomendación técnica y económica de los planes de mantenimiento que se buscan planificar.

En los equipos Láser nos encontramos con un total de \$14214877 de presupuesto anual en caso de presentarse en su totalidad los modos de fallas más recurrentes que se encuentran en este tipo de activo y con las frecuencias de fallas que aparecieron a lo largo de un año en la totalidad de los equipos Láser mantenidos por ECUT, de este listado tenemos como modo de falla más crítico “Generador no envía pulso Láser”, con un costo estimado de \$6450000 en cambio el modo de falla menos crítico es “Falta de lubricación en rieles”, con un costo estimado de \$250000, estos costos son estimando el valor de los repuestos, insumos, horas de trabajo involucradas, logística entre otros factores que nos entregan el costo final.

En cambio los equipos Router se encuentra con un total de \$2998576 de presupuesto anual, calculado estimando que se presenten en totalidad los modos de fallos mas recurrentes en estos activos y con las frecuencias de fallas de los equipos mantenidos por ECUT, de ese listado tenemos como modo de fallo más crítico “Fallo en display”, con un costo estimado de \$1110600 en cambio el modo de fallo con una criticidad significativamente menor “Falta de lubricación en rieles”, con un costo estimado de \$250000, como se logra apreciar en comparativa de ambos tipos de activos es mucho más caro de mantener un equipo Láser en comparación a un equipo Router, aunque los modos de fallas existentes en ambos son similares, sus funcionamientos y algunas labores a realizar pueden ser desarrolladas por cualquiera de los dos tipos de máquinas.

En ambos casos se considera un impacto operacional de costo \$0 debido a que la empresa ECUT presta servicios de mantenimiento por lo cual a ellos no les impacta en la producción, al contrario, para ellos cada vez que un activo de alguna empresa entra a sus instalaciones es una ganancia, pero en caso de que se desee considerar para alguna empresa solo se debe reemplazar el costo \$0 por el valor estimado en la empresa a estudiar y volver a analizar el caso.

3.3 PAUTAS DE MANTENIMIENTO

En base a los resultados obtenidos del FMECA y datos entregados por “ECUT” se logro determinar los modos de fallas de los diferentes equipos analizados y por consecuencia la criticidad de cada uno de estos, logrando componer pautas de mantenimiento especificas para cada tipo de equipo abordando estos modos de falla y atacando a tiempo para evitar la ocurrencia de cada una de estas, las frecuencia de aplicación de cada una de estas pautas podría variar dependiendo del uso y el tipo de material con el que trabajan estos equipos, pero fueron pensado en condiciones normales, con un uso de 8 horas diarias 6 días a la semana aproximadamente, con lo que obtenemos pautas de mantenimiento programado en diferentes intervalos de tiempo en las cuales se van atacando cada una de las eventuales fallas.

Para los equipos Láser encontramos las siguientes:

Pauta de Trabajo - Equipo Laser			
Lista de Actividades - Frecuencia: 1 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Laser		
1	Verificacion de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificacion de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificaicon de funcionamiento de extractor de aire		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificacion de sistema de refrigeracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Chequeo de correas, rodamientos y tensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
7	Lubricacion de rieles		
	Obs:		
8	Calibracion del equipo		
	Obs:		
9	Medicion de potencia del tubo al 90%		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
10	Realizar pruebas de grabado y corte		
	Obs:		
11	Registro fotografico		

Tabla 23 Pauta de mantenimiento equipo laser

Fuente: Elaboración propia

Pauta de Trabajo - Equipo Laser			
Lista de Actividades - Frecuencia: 3 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Laser		
1	Verificacion de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificacion de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificacion de estado de fuente de poder		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificaicon de funcionamiento de extractor de aire		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Verificacion de sistema de refrigeracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
7	Chequeo de correas, rodamientos y tensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
8	Verificacion del estado de sensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
9	Revision y calibrcion de espejos		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
10	Lubricacion de rieles		
	Obs:		
11	Calibracion del equipo		
	Obs:		
12	Medicion de potencia del tubo al 90%		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
13	Realizar pruebas de grabado y corte		
	Obs:		
14	Registro fotografico		

Tabla 24 Pauta de mantenimiento equipo laser

Fuente: Elaboración propia

Pauta de Trabajo - Equipo Laser			
Lista de Actividades - Frecuencia: 6 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Laser		
1	Verificacion de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificacion de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificacion de estado de fuente de poder		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificaicon de funcionamiento de extractor de aire		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Verificacion de sistema de refrigeracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
7	Cambio de refrigerante		
8	Chequeo de correas, rodamientos y tensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
9	Verificacion del estado de sensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
10	Verificar nivelacion de mesa del equipo		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
11	Verificacion de estado de espejos y calibracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
12	Revision de cableado y estado de display del equipo		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
13	Revision de generador laser y pruebas de funcionamiento		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
14	Lubricacion de rieles		
	Obs:		
15	Calibracion del equipo		
	Obs:		
16	Medicion de potencia del tubo al 90%		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
17	Realizar pruebas de grabado y corte		
	Obs:		
18	Registro fotografico		

Tabla 25 Pauta de mantenimiento equipo laser

Fuente: Elaboración propia

Pauta de Trabajo - Equipo Laser			
Lista de Actividades - Frecuencia: 12 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Laser		
1	Verificacion de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificacion de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificacion de estado de fuente de poder		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificaicon de funcionamiento de extractor de aire		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Verificacion de sistema de refrigeracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
7	Cambio de refrigerante		
8	Chequeo de correas, rodamientos y tensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
9	Verificacion del estado de sensores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
10	Nivelar mesa del equipo		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
11	Calibracion de espejos y cambio si es necesario		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
12	Revision de cableado del display		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
13	Verificar funcionamiento del display		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
14	Revision de generador laser y pruebas de funcionamiento		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
15	Lubricacion de rieles		
	Obs:		
16	Calibracion del equipo		
	Obs:		
17	Medicion de potencia del tubo al 90%		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
18	Realizar pruebas de grabado		
	Obs:		
19	Realizar pruebas de corte		
	Obs:		
20	Registro fotografico		

Tabla 26 Pauta de mantenimiento equipo laser

Fuente: Elaboración propia

Las pautas mostradas están definidas para el uso con los equipos Láser estudiados y enfocadas en mantener los equipos en funcionamiento y evitando que entre en alguno de sus modos de fallo, aunque de igual manera alguno de estos equipos podría detener su operación debido al consumo de alguno de sus elementos consumibles (tubos de Co2 o boquillas desgastadas) pero estas son propias del uso y varían en medida del uso que se le somete al activo y el tipo de material a trabajar.

Para los equipos Router encontramos las siguientes pautas:

Pauta de Trabajo - Equipo Router			
Lista de Actividades - Frecuencia: 1 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Router		
1	Verificación de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificación de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificación de estado de colector de polvo y viruta		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificación de sistema de refrigeración		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Ajuste de pernos del equipo		
	Obs:		
7	Chequeo de rodamientos, cremallera y husillo		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
8	Lubricación de rieles		
	Obs:		
9	Calibración del equipo		
	Obs:		
10	Ajuste de pulsos de motores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
11	Realizar pruebas de funcionamiento		
	Obs:		
12	Registro fotografico		

Tabla 27 Pauta de mantenimiento equipo Router

Fuente: Elaboración propia

Pauta de Trabajo - Equipo Router				
Lista de Actividades - Frecuencia: 3 meses			Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Router			
1	Verificación de lugar donde se encuentra el equipo			
2	Verificación de estado general de estructura			
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐			
	Obs:			
3	Limpieza general del equipo y componentes			
4	Verificación de estado de colector de polvo y viruta			
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐			
	Obs:			
5	Verificación de sistema de refrigeración			
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐			
	Obs:			
6	Limpieza del sistema de refrigeración con ácido acético			
	Obs:			
7	Ajuste de pernos del equipo			
	Obs:			
8	Chequeo de rodamientos, cremallera y husillo			
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐			
	Obs:			
9	Revisión general del sistema eléctrico			
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐			
	Obs:			
10	Lubricación de rieles			
	Obs:			
11	Calibración del equipo			
	Obs:			
12	Ajuste de pulsos de motores			
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐			
	Obs:			
13	Realizar pruebas de funcionamiento			
	Obs:			
14	Registro fotográfico			

Tabla 28 Pauta de mantenimiento equipo Router

Fuente: Elaboración propia

Pauta de Trabajo - Equipo Router			
Lista de Actividades - Frecuencia: 6 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Router		
1	Verificacion de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificacion de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificaicon de estado de colector de polvo y viruta		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificacion de sistema de refrigeracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Limpieza del sistema de refrigeracion con acido acetico		
	Obs:		
7	Cambio de liquido refrigerante		
	Obs:		
8	Verificacion de fuente de poder y motores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
9	Ajuste de pernos del equipo		
	Obs:		
10	Chequeo de rodamientos, cremallera y husillo		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
11	Revision general del sistema electrico		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
12	Verificacion del estado del display y conectores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
13	Lubricacion de rieles		
	Obs:		
14	Calibracion del equipo		
	Obs:		
15	Ajuste de pulsos de motores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
16	Realizar pruebas de funcionamiento		
	Obs:		
17	Registro fotografico		

Tabla 29 Pauta de mantenimiento equipo Router

Fuente: Elaboración propia

Lista de Actividades - Frecuencia: 12 meses		Firma	Fecha
Tarea	Mantenimiento Equipos Router		
1	Verificacion de lugar donde se encuentra el equipo		
2	Verificacion de estado general de estructura		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
3	Limpieza general del equipo y componentes		
4	Verificaicon de estado de colector de polvo y viruta		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
5	Verificacion de sistema de refrigeracion		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
6	Limpieza del sistema de refrigeracion con acido acetico		
	Obs:		
7	Cambio de liquido refrigerante		
	Obs:		
8	Revision de fuente de poder y motores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
9	Prueba de funcionamiento fuente de poder		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
10	Nivelacion de mesa del equipo		
	Obs:		
11	Ajuste de pernos del equipo		
	Obs:		
12	Chequeo de rodamientos, cremallera y husillo		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
13	Revision general del sistema electrico		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
14	Verificacion del estado del display y conectores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
15	Prueba de funcionamiento del display		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
16	Actualizacion de software		
	Obs:		
17	Lubricacion de rieles		
	Obs:		
18	Calibracion del equipo		
	Obs:		
19	Ajuste de pulsos de motores		
	Resultado de verificación: Normal ☐ Alteración ☐		
	Obs:		
20	Realizar pruebas de funcionamiento		
	Obs:		
21	Registro fotografico		

Tabla 30 Pauta de mantenimiento equipo Router

Fuente: Elaboración propia

Las pautas mostradas están definidas para el uso con los equipos Router estudiados y enfocadas en mantener los equipos en funcionamiento y evitando que entre en alguno de sus modos de fallo.

De este modo es posible apreciar que para la empresa “ECUT” es conveniente la puesta en práctica de estos planes de mantenimiento a sus equipos, debido a que de esta forma podrán mantener un control sobre los mantenimientos preventivos que se llevarán a cabo en sus equipos previamente vendidos por ellos, de esta manera logrando mantener la fiabilidad prometida en la venta, poder consolidarse con sus equipos y mantener un flujo constante de utilidades por el concepto de mantenimientos programados al comenzar a implementar estas pautas de mantenimiento, en cambio por el lado de los propietarios de estos equipos pueden verse perjudicados debido a que al realizar una mayor cantidad de mantenimientos preventivos y no trabajar a la falla, que es como se pudo apreciar en la mayoría de los casos, los costos por mantención y los tiempos del equipo detenido se verían aumentados, aunque los equipos aumentarían su disponibilidad y su tasa de falla se ve disminuida.

CONCLUSIONES

Los planes de mantenimiento son parte fundamental de cualquier activo que desarrolle algún tipo de operación, ya que de esta manera se podrá mantener la confiabilidad y el desarrollo continuo de la operación que esta este desarrollando, de la mano de la herramienta FMECA se logra obtener los elementos críticos y los modos de fallas obtenidos para cada equipo analizado, de esta manera deja de forma clara cuales serán los focos críticos en los que hay que tener un mayor cuidado y a su vez cuales serán los de mayor impacto operacional para el activo

Al haber identificado los modos de fallas comunes de estos equipos de control numérico (CNC) se logran asociar sintomatologías que se presentan previo a la aparición de estas fallas, logrando recopilar la información necesaria para calificarlas e identificar la criticidad de estas y como se relacionan los mismos tipos de fallas entre equipos Router y laser, debido a que los principios de funcionamientos de estos equipos CNC son los mismos.

Al trabajar con 4 equipos diferentes siendo estos los con una mayor tasa de falla según información entregada en “ECUT” se logra separar en 2 grupos los que son los equipos Router y los equipos Láser, en conjunto de esto se crean dos FMECA para cada grupo de equipos con las fallas asociadas a cada uno de estos, analizando:

- Frecuencia de fallas
- Costos directos a la reparación de la falla
- El tipo de actividad de mantenimiento que se debe realizar
- Criticidad que nos entrega el análisis

De esta manera se logran identificar el tipo de mantenimiento que se debe aplicar para cada modo de falla, sus costos asociados y la periodicidad con la que este puede ocurrir, para lograr planificar un mantenimiento preventivo. Con lo cual se busca mantener el rendimiento optimo del activo y que este no este trabajando a la falla o en condiciones no optimas.

A su vez se entregan los planes de mantenimiento para ambas gamas de equipos proponiendo mantenimientos preventivos mensuales, cada tres meses, seis meses y anual, con estos se busca la detección temprana de las fallas y prevenir que elementos que con el uso prolongado de estos equipos lleguen a su punto crítico y fallen en pleno momento de la operación de los equipos, estos planes serian de la manera ideal de mantener los CNC aunque cada dueño y operador de los equipos estimara si aplica estos planes de mantenimientos, debido a que el plan mensual podría realizarse anticipadamente si el uso de los equipos es de una manera prolongada o con materiales que pueden estar fuera de las tolerancia de los equipos.

ANEXOS

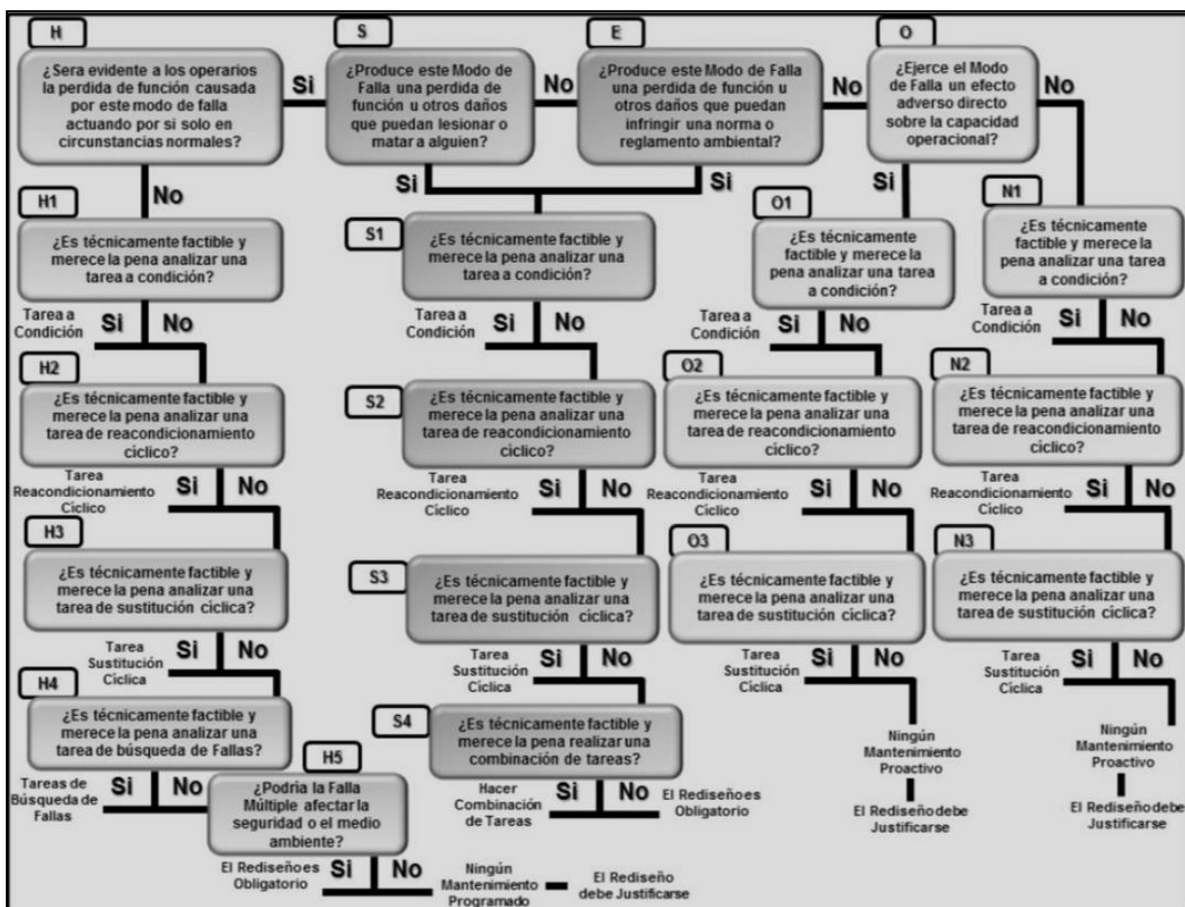


Ilustración 16 Diagrama de decisión
Fuente: PPT Clase Pablo Duque