

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

**"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNIDAD DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE  
CORTE CNC"**

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero en  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Rodrigo Jean Meléndez Rojo

Profesor Guía:

Mg. Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez

## **Dedicatoria**

A mi madre, Ingrid,

Quiero comenzar expresándote todo mi amor y agradecimiento por ser la luz en mi camino. En cada paso, en cada altibajo, tu amor incondicional ha sido mi mayor fortaleza. Gracias por enseñarme con tu ejemplo y por guiarme en cada decisión, incluso en los momentos más difíciles. Eres mi héroe y mi inspiración, y te amo más de lo que las palabras pueden expresar.

A mi padre, Óscar,

Tu trabajo incansable y tu compromiso con nuestra familia han sido un verdadero ejemplo de sacrificio y dedicación. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la responsabilidad, y por estar siempre ahí, sin importar las circunstancias. Te admiro más de lo que imaginas, y estoy eternamente agradecido por todo lo que has hecho por nosotros. Te amo de todo corazón y valoro cada momento que compartimos juntos.

A mi querida Andrea,

Desde que llegaste a mi vida, has llenado cada día de amor y ternura. Tu bondad y tu paciencia son un regalo que valoro más de lo que puedes imaginar. Gracias por creer en mí, por apoyarme en cada sueño y por enseñarme con cada gesto lo que significa el verdadero amor. Te amo con todo mi corazón.

A mi pequeño gran héroe, Maxi.

Desde que supe que venías a este mundo, no existe hombre más feliz que yo. Eres mi mayor motivación en cada paso que doy. Cada sonrisa tuya es un impulso para seguir adelante, enfrentando cualquier desafío con valentía y determinación. Eres mi razón de ser, y por ti, siempre daré lo mejor de mí.

Y a ti, Pablo Duque,

Quiero agradecerte no solo como profesor, sino como un gran amigo y mentor. Nuestra relación ha trascendido las aulas, hemos compartido risas, aprendizaje y hemos crecido juntos. Tu apoyo incondicional y tus sabios consejos han sido fundamentales en mi camino. Te considero más que un mentor, eres un verdadero amigo, y por eso te estaré eternamente agradecido.

Con todo mi amor y gratitud hacia cada uno de ustedes,

Rodrigo Jean Meléndez Rojo

## RESUMEN

El presente Trabajo de título se centró en proponer planes de mantenimiento para los equipos CNC de "ECUT", una empresa de mantenimiento industrial bajo demanda. La problemática identificada fue el elevado índice de fallos en los equipos CNC, afectando la eficiencia operativa. Se identificaron cuatro equipos con problemas recurrentes: CNC láser EL 6040, CNC Router ER 6040, CNC Router 1325 y CNC láser metal fibras 1500.

En el capítulo 1, se presentó una introducción al contexto y objetivo de la investigación, describiendo la industria del mantenimiento industrial bajo demanda y estableciendo el propósito de evaluar el desempeño operativo y financiero de ECUT. Además, se delinearon los objetivos específicos del estudio y se justificó la relevancia de la investigación en el campo de la gestión empresarial y el mantenimiento industrial.

El capítulo 2 revisó el marco teórico relacionado con la gestión de operaciones y mantenimiento industrial, incluyendo conceptos y metodologías de autores prominentes como Pistarelli. Esta revisión estableció una base sólida para la evaluación del desempeño de ECUT.

En el capítulo 3, se propuso una solución basada en la implementación de un plan de mantenimiento estructurado utilizando indicadores clave de rendimiento (KPIs). Estos KPIs, como el Tiempo de Respuesta y la Eficiencia de la Intervención, se aplicaron siguiendo el marco conceptual de Pistarelli. Se observaron mejoras significativas, con tiempos de respuesta de 2.5 horas en la Región Metropolitana de Santiago y 4.0 horas en otras regiones, y una eficiencia de intervención del 95.8%.

Financieramente, se analizaron ingresos totales, costos operativos y margen de beneficio, resultando en un retorno de la inversión del 25%, estimando una recuperación de la inversión en aproximadamente 4 años. La implementación del plan de mantenimiento mejoró significativamente el desempeño de ECUT, identificando áreas de fortaleza y oportunidades de mejora, y proporcionando una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y la optimización de los procesos de mantenimiento.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVO GENERAL: .....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	4
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL .....	5
1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA .....	6
1.2. CASO DE ESTUDIO .....	8
1.2.1 CONTEXTO OPERACIONAL .....	8
1.3. LISTADO DE EQUIPOS MAS VENDIDOS.....	10
1.3 PROTOCOLOS ACTUALES DE REVISION Y ARMADO .....	15
1.3.1 MÁQUINAS LÁSER.....	15
1.3.2 MÁQUINAS ROUTER. ....	16
1.4 PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS MÁQUINAS. ....	17
1.4.1 PROBLEMAS EN LA METALMECÁNICA .....	17
1.4.2 PROBLEMAS EN LA TECNOLOGÍA LÁSER.....	18
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	24
2.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO ....	25
2.2 MARCO TEÓRICO .....	25
2.3 OBJETIVOS DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	25
2.4 MODELO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	28
2.5 REQUERIMIENTOS DEL PERSONAL .....	30
2.6 PROCESO DE DISEÑO .....	31
2.7 PRESUPUESTO Y RECURSOS FINANCIEROS .....	33
2.8 PLANIFICACIÓN DE LA CONTINUIDAD.....	36
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y EFICIENCIA .....	39
3.1 METOLODOGÍA DE EVALUACIÓN.....	40
3.2 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO .....	40
3.2.1 TIEMPO DE RESPUESTA .....	40
3.2.2 TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN .....	41
3.2.3 EFICIENCIA DE LA INTERVENCIÓN .....	41

3.2.4 NÚMERO DE INTERVENCIONES EXITOSAS .....	42
3.2.5 ESTRATEGIA OPERATIVA .....	42
3.3 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO FINANCIERO.....	42
3.3.1 INFORMACIÓN ECONÓMICA DE LA EMPRESA .....	43
3.3.2 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD .....	44
3.4 COMPARACIÓN CON EL MODELO PROPUESTO POR PISTARELLI.....	44
CONCLUSIÓN.....	47
REFERENCIAS.....	48

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1-1-1 "Foto referencial LÁSER fibra óptica".	8
Ilustración 1-2 "Foto referencial de cotización LÁSER EL6040".	9
Ilustración 1-3 "Foto referencial de cotización Router "Artesana".	9
Ilustración 1-4 "Foto referencial de cotización Router ER1325".	10
Ilustración 1-5 "Referencia LÁSER fibra".	12
Ilustración 1-6 "Referencia EL6040".	13
Ilustración 1-7 "Referencia la artesana".	14
Ilustración 1-8 "Referencia ER1325".	15

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Fallas ER6090 .....	20
Tabla 2 Fallas Fibras 1500 .....	21
Tabla 3 Fallas ER1325 .....	22
Tabla 4 Fallas EL6040 .....	23
Tabla 5 Inventario Trabajadores .....	30
Tabla 6 Tiempo de Respuesta por Ubicación de la Intervención.....	40
Tabla 7 Tiempo Promedio de Reparación por Tipo de Mantenimiento.....	41
Tabla 8 Eficiencia de la Intervención.....	41
Tabla 9 Número de Intervenciones Exitosas.....	42
Tabla 10 Información Económica de la Empresa .....	43
Tabla 11 ROI.....	43

## **TÉRMINOLOGÍA**

**Driver:** Su función es convertir las señales de control en movimientos físicos precisos, lo que permite a la máquina realizar operaciones de mecanizado con alta precisión y control.

**Spindle:** Componente central que sostiene y controla la herramienta de corte, permitiendo así la realización de una amplia variedad de operaciones de mecanizado con alta precisión y calidad.

**Inverter:** Componente esencial que controla y suministra la energía eléctrica adecuada al tubo láser, permitiendo así el funcionamiento preciso y controlado del láser para cortar o grabar materiales con alta precisión.

**Router:** Máquina controlada por computadora que utiliza una herramienta rotativa para cortar, tallar, grabar y dar forma a materiales como madera, plástico, metal y otros.

## INTRODUCCIÓN

En el dinámico escenario de la industria moderna, la tecnología CNC ha transformado la producción y la manufactura, ofreciendo precisión y eficiencia en la creación de componentes y productos. Dentro de este contexto, ECUT se destaca en la comercialización de equipos CNC, enfocándose en la calidad de los equipos y el compromiso con la formación en esta tecnología. Desde sus inicios como un proyecto familiar, ECUT ha evolucionado para convertirse en un actor relevante en la educación CNC y en la provisión de maquinaria para emprendedores y empresas.

El presente Trabajo de título se centra en la creación de una unidad de mantenimiento integral para ECUT, considerando la diversidad de equipos en su catálogo y los desafíos asociados al mantenimiento y soporte técnico. El objetivo central es concebir una unidad de mantenimiento (DUDA: CUANDO TE REFIERES A CONCEBIR UNA UNIDAD, ES UN GRUPO DE PERSONAS, EQUIPOS, SISTEMA?) que garantice la excelencia de los equipos y respalde la misión de ECUT de fomentar el aprendizaje CNC y brindar oportunidades empresariales. INDICAR LA PROBLEMÁTICA CON DATOS CUANTITATIVOS

Mediante el análisis de requerimientos, la adaptación de mejores prácticas de mantenimiento industrial y la definición de procedimientos, se busca diseñar una estructura de mantenimiento eficiente. Se propone también una estructura de capacitación para el personal, asegurando su preparación para ejecutar procedimientos de mantenimiento de manera segura y competente.

Este estudio se fundamenta en la realidad de ECUT como un actor relevante en el ámbito CNC, buscando contribuir a su evolución hacia un líder nacional en la comercialización de maquinaria industrial y servicios de capacitación CNC. La unidad de mantenimiento se posiciona como un pilar fundamental para la continuidad operativa y la satisfacción de los clientes, sin exagerar la importancia de ECUT en el mercado.

**OBJETIVO GENERAL:**

“Diseñar una unidad de mantenimiento para una empresa especializada en la comercialización de máquinas láser, routers y equipos metalmecánicos tiene como propósito proponer un sistema que asegure el rendimiento óptimo de los equipos y procure la prevención y corrección de fallas para mantener la continuidad operativa y la máxima eficiencia, respaldando así la misión de la empresa de ofrecer soluciones integrales y de alta calidad a sus clientes.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analizar los requerimientos de mantenimiento de equipos CNC considerando características técnicas e historial de fallas de ECUT, determinando necesidades comunes.
- Proponer una solución para optimizar la estructura organizativa de la unidad de mantenimiento, basada en un análisis detallado de requerimientos y utilizando modelos de gestión eficaces.
- Evaluar el diseño propuesto mediante un análisis técnico y económico determinando viabilidad de este mediante KPIs

**CAPÍTULO 1: ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO OPERACIONAL**

## 1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA

ECUT, líder en la comercialización de equipos CNC, se ha destacado por su enfoque en máquinas láser, routers y maquinaria metalmecánica. Desde su fundación, la empresa ha cultivado relaciones con destacadas instituciones educativas como DuocUC, la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad Adolfo Ibáñez y la Universidad Técnico Federico Santa María, demostrando un firme compromiso con la calidad.

ECUT Chile SPA es una empresa fundada el 22 de junio de 2015, dedicada a la comercialización y servicios relacionados con máquinas CNC, láser y equipos para la industria metalmecánica. Está ubicada en Alejandro Fierro 4514, Quinta Normal, Santiago de Chile. La compañía se especializa en la venta de equipos industriales como routers y cortadoras láser, además de ofrecer servicios de instalación, mantenimiento preventivo y correctivo, y capacitación en el uso de estos equipos.

En términos de tamaño, ECUT cuenta con alrededor de 11 empleados y se posiciona en el ranking de ventas 61.518 entre las empresas chilenas. Sus empleados incluyen técnicos especializados en mantenimiento, ingenieros y personal comercial para apoyar a sus clientes en la implementación y uso de equipos industriales. La empresa también ha desarrollado una línea de productos para emprendedores y pequeñas empresas, demostrando un enfoque en distintos niveles de demanda. El reconocimiento obtenido por ECUT ha atraído la atención de programas de financiamiento y apoyo empresarial como Sercotec, AMSA, Semilla, Abeja, Crece y ProLOA, respaldando su reputación en el mercado. En 2018, la empresa estableció un departamento de Servicio Técnico para garantizar el mantenimiento continuo de sus equipos, fortaleciendo así su compromiso con la satisfacción del cliente y la excelencia operativa.

En medio de desafíos como la agitación social y la pandemia, ECUT ha demostrado su capacidad para adaptarse y ofrecer apoyo a aquellos que buscan oportunidades de desarrollo empresarial.

**Misión**

Trabajamos día a día en el desarrollo de soluciones integrales para la implementación de tecnología CNC en la industria de la producción. La satisfacción de nuestros socios, clientes y colaboradores siempre será nuestra orientación.

**Visión**

Queremos ser los líderes a nivel nacional en comercialización de maquinaria industrial en puntos de corte y capacitación, teniendo presencia en cada ciudad de Chile, posicionados como una marca cercana al corazón y mente de las comunidades e industria nacional. Con un circuito que genere trabajo en un mercado cambiante y competitivo, a través de la innovación en educación técnica y servicios para empresas comerciales.

## 1.2. CASO DE ESTUDIO

ECUT, una empresa dedicada a la comercialización de equipos CNC, ha destacado en la industria gracias a su compromiso con la calidad y la innovación. Su Cortadora Láser de Fibra Óptica ha establecido nuevos estándares de precisión y velocidad en la metalmecánica, atrayendo a diversas industrias en busca de cortes de alta calidad en materiales metálicos. Además, su Láser Emprende EL6040 ha ganado popularidad entre artistas, diseñadores y emprendedores por su versatilidad en el grabado y corte láser. Para la industria de la carpintería y fabricación, ECUT ofrece la Router Emprende Artesana y la Router Industrial ER1325, ambas opciones líderes en ventas en talleres y entornos industriales. Estos equipos han consolidado la posición de ECUT en la industria CNC, gracias a su innovación y calidad.

### 1.2.1 CONTEXTO OPERACIONAL

En el contexto operacional de ECUT, se enfoca en liderar el mantenimiento industrial. La empresa se especializa en optimizar equipos críticos en diversas industrias mediante soluciones técnicas avanzadas. A continuación, se detallan las máquinas clave:

#### **Cortadora Láser de Fibra Óptica en Metalmecánica**

La Cortadora Láser de Fibra Óptica de ECUT se destaca como un componente fundamental en la industria de la metalmecánica. Su capacidad para realizar cortes precisos a alta velocidad permite a las empresas aumentar la producción y reducir costos. Es especialmente valorada en sectores como la fabricación de componentes automotrices y aeroespaciales, donde la calidad y la tolerancia son cruciales. ECUT proporciona un soporte técnico completo para asegurar el funcionamiento eficiente y continuo de esta cortadora, garantizando así una producción de alta calidad para sus clientes.



Ilustración 1-1 "Foto referencial LÁSER fibra óptica".

(Fuente: Ecut)

## Láser Emprende EL6040 en Tecnología Láser

La Láser Emprende EL6040 de ECUT se ha posicionado como una opción destacada en el campo de la tecnología láser, ofreciendo una plataforma versátil para una amplia variedad de aplicaciones. Desde estudios de grabado artístico hasta procesos de personalización de productos, esta máquina encuentra su lugar en talleres y estudios creativos. ECUT ofrece capacitación especializada para garantizar que los usuarios puedan aprovechar al máximo las capacidades de la EL6040. Además, la empresa brinda un acceso rápido a repuestos y servicio técnico en caso de mantenimiento o reparaciones, lo que asegura una producción continua y de alta calidad.



*Ilustración 1-1 "Foto referencial de cotización LÁSER EL6040".*

(Fuente: Ecut)

## Router Emprende Artesana y Router Industrial ER1325 en el Área de las Router

En el ámbito de las routers, ECUT presenta dos opciones distintivas para cubrir diversas necesidades operativas. La Router Emprende Artesana se destaca por su idoneidad en talleres de carpintería y para artesanos que requieren cortes y grabados precisos en materiales como madera y plástico. ECUT ofrece asistencia técnica especializada para garantizar un rendimiento óptimo de esta router en aplicaciones creativas. Por otro lado, la Router Industrial ER1325 se ha consolidado como una herramienta indispensable en entornos de fabricación y producción a gran escala. ECUT proporciona un servicio técnico de respuesta rápida para minimizar el tiempo de inactividad y mantener la productividad en entornos industriales.



*Ilustración 1-2"Foto referencial de cotización Router "Artesana".*

(Fuente: Ecut)



*Ilustración 1-3 "Foto referencial de cotización Router ER1325".*

(Fuente: Ecut)

En todos estos contextos operativos, ECUT muestra su compromiso con la satisfacción del cliente y la excelencia en la operación de sus equipos CNC, garantizando un funcionamiento óptimo y resultados de alta calidad.

### 1.3. LISTADO DE EQUIPOS MAS VENDIDOS

Según datos entregados por la empresa Ecut, el listado de máquinas más vendidas hasta la actualidad es:

En el ámbito de la metalmecánica: destaca la Cortadora Láser de Fibra Óptica de ECUT, considerada su equipo insignia y líder en ventas. Esta máquina de vanguardia opera con un voltaje trifásico de 380V y una frecuencia de 50Hz, lo que garantiza un rendimiento estable y eficiente en diversas condiciones de operación. Su área efectiva de trabajo es impresionante, abarcando dimensiones de 1500x3000mm, lo que permite el procesamiento de una amplia variedad de materiales metálicos con dimensiones significativas.

En cuanto a su sistema láser, la Cortadora Láser de ECUT está equipada con un generador láser de 1500 Watts de fibra óptica, proporcionado por el reconocido fabricante RAYCUS. Esta fuente láser garantiza una potencia y precisión óptimas para una amplia gama de aplicaciones industriales, desde el corte de láminas delgadas hasta el procesamiento de materiales más gruesos con alta velocidad y precisión.

El cabezal láser, de alta calidad y fabricado por la prestigiosa marca suiza Raytools, asegura una focalización precisa del haz láser, lo que se traduce en cortes limpios y precisos en todos los materiales procesados. Además, la mesa de trabajo de la Cortadora Láser es de tipo parrilla, lo que proporciona una excelente estabilidad y soporte para los materiales durante el proceso de corte.

La movilidad de los ejes X e Y se logra mediante un sistema de piñón y cremallera doble impulsado por potentes motores servo, lo que garantiza un desplazamiento suave y preciso del cabezal láser a

lo largo de la superficie de trabajo. Esto permite alcanzar una velocidad máxima efectiva de desplazamiento de 25m/min y una velocidad máxima efectiva de trabajo de 22m/min, lo que se traduce en una alta eficiencia y productividad en la operación diaria de la máquina.

La precisión de posicionamiento del eje X/Y de la Cortadora Láser de Fibra Óptica de ECUT es notable, con un margen de error de tan solo  $\pm 0.05\text{mm}$ , lo que garantiza cortes precisos y consistentes en una amplia variedad de materiales. Además, la máquina ofrece una precisión de posicionamiento repetido del eje X/Y de  $\pm 0.02\text{mm}$ , lo que asegura una reproducción exacta de los patrones de corte en cada trabajo realizado.

El control de la máquina se realiza de manera conveniente a través de un puerto USB PENDRIVE, lo que facilita la transferencia de datos y la comunicación con la máquina. La compatibilidad con formatos de archivo estándar como .dxf y .dwg garantiza una integración sin problemas con el software de diseño existente en el proceso de producción.

En cuanto al sistema operativo, la Cortadora Láser funciona de manera eficiente bajo Windows, ofreciendo una interfaz familiar y fácil de usar para los operadores. Además, su capacidad para operar en un rango de temperatura de 0-45°C con una tolerancia de humedad de 5-95% asegura un rendimiento óptimo en una amplia gama de entornos de trabajo.

Como parte de su equipamiento estándar, la máquina cuenta con una serie de accesorios imprescindibles, como un sensor de altura y autofocus, que garantizan un ajuste preciso y automático de la distancia focal del láser para diferentes tipos de materiales. También se incluyen un chiller refrigerante y un generador de fibra láser, que contribuyen a mantener la temperatura óptima de funcionamiento del sistema y prolongar la vida útil del equipo, convirtiéndola en una opción potente y confiable para aplicaciones de corte láser de alta precisión en una variedad de industrias y aplicaciones.



*Ilustración 1-4 “Referencia LÁSER fibra”*

*(Fuente: Ecut)*

En el área de las láser: El modelo CO2 LÁSER EL-6040 de ECUT se destaca como uno de los equipos más solicitados en el área de las láser. Este modelo ofrece un conjunto impresionante de especificaciones técnicas que lo hacen ideal para una amplia gama de aplicaciones de corte y grabado.

Funciona con un voltaje monofásico de AC220V/50HZ y cuenta con un área efectiva de trabajo de 600x400mm, proporcionando suficiente espacio para llevar a cabo proyectos de diferentes tamaños. Su tubo láser de 60-80 Watts, enfriado por agua, opera a una longitud de onda de 10.6 Um, lo que garantiza un rendimiento óptimo y una alta calidad de corte y grabado.

La máquina cuenta con una mesa de altura regulable tipo panel, lo que permite una gran versatilidad en el trabajo y la manipulación de una variedad de materiales. La movilidad de los ejes X e Y se logra mediante una guía de riel lineal, con transmisión por correa y motores stepper, lo que garantiza un desplazamiento suave y preciso.

Con una velocidad máxima de desplazamiento y de trabajo de 300mm/s, la máquina mantiene una precisión excepcional de  $\leq 0.1$ mm, lo que la hace capaz de trabajar con detalles finos, incluyendo letras de tan solo 1x1mm.

El control de la máquina se realiza de manera conveniente a través de una pantalla táctil integrada, utilizando el software LÁSERCad para gestionar el proceso de corte y grabado. La interfaz de conexión es versátil, con opciones de USB y Pendrive, y admite una variedad de formatos de archivo, como .ai,.bmp,.plt, .dxf, .dwg,. dst y. las.

El sistema operativo compatible es Windows, y la máquina puede operar en un rango de temperatura de 0-45°C con una humedad de operación entre el 5% y el 95%, lo que garantiza un rendimiento óptimo en una variedad de entornos de trabajo.

Además, la máquina viene con una serie de accesorios, incluyendo una fuente de poder láser, un tubo láser CO2, una mesa de trabajo, un chiller, una bomba de aire, un lente de enfoque, espejos, un ducto flexible y un extractor de humo, proporcionando una solución completa con eficiencia y precisión para aplicaciones de corte y grabado láser.



*Ilustración 1-5"Referencia EL6040"*

(Fuente: Ecut)

En el área de las router: Nuestros equipos más vendidos son la router emprende Artesana y router industrial ER1325.

El modelo "La Artesana" de ECUT es una opción destacada en el ámbito de las router, ofreciendo una combinación de robustez y versatilidad que la hacen ideal para una variedad de aplicaciones de fresado y grabado.

Esta máquina funciona con un voltaje monofásico de AC220V/50Hz y proporciona un área efectiva de trabajo de 600x900x105mm, lo que permite manejar piezas de trabajo de diferentes tamaños con facilidad. Su estructura, compuesta de perfiles de acero, garantiza durabilidad y estabilidad durante el trabajo.

La mesa de trabajo está equipada con ranuras T-Slot para sujetar las piezas de trabajo de manera segura, mientras que la movilidad de los ejes X e Y se logra mediante una guía de riel de husillo y bola de acople. El eje Z utiliza una guía de riel de tornillo y rodamiento lineal para un movimiento preciso. Los motores de desplazamiento son del tipo stepper, permitiendo alcanzar una velocidad máxima de desplazamiento y de trabajo de 3000mm/min, con una precisión de 0.01mm.

El motor spindle de 1.5kW es enfriado por agua y gira a una velocidad de 24,000 RPM, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones de fresado. Utiliza un tipo de collet ER16 para fresas de 1.8" - 8mm. La máquina es compatible con la lectura de códigos en formatos como .CNC, .NC, .Gcode, .DXF y .DWG.

El control de la máquina se realiza a través del software MACH3 USB, con comunicación mediante USB al computador. El sistema operativo compatible es Windows, lo que facilita su integración en entornos de trabajo comunes.

Además, "La Artesana" incluye una variedad de accesorios como un kit de prensas T, un kit básico de fresas, una bomba de agua sumergible, llaves de ajuste, collets, nuts, y un rotor cilíndrico opcional, proporcionando una solución completa para tareas de fresado y grabado en una variedad de materiales.



*Ilustración 1-6 "Referencia la artesana"*

(Fuente: Ecut)

La máquina "ER1325" es una máquina que destaca por sus impresionantes especificaciones técnicas. Funcionando con un voltaje monofásico de AC220V/50HZ, ofrece una amplia área efectiva de trabajo de 1300x2500x180mm, respaldada por una estructura de hierro fundido y perfiles de acero que aseguran resistencia y estabilidad durante las operaciones.

Su mesa de trabajo cuenta con ranuras T-Slot para asegurar las piezas de trabajo, mientras que la movilidad de los ejes X e Y se logra mediante una guía de riel cuadrado y piñón cremallera para un desplazamiento preciso y rápido. El eje Z utiliza una guía de riel de tornillo y rodamiento lineal para garantizar una alta precisión en las operaciones.

Los motores de desplazamiento son del tipo stepper motor, permitiendo alcanzar una velocidad máxima tanto de desplazamiento como de trabajo de 10,000 mm/min, lo que la hace versátil para

una variedad de aplicaciones. Su precisión se mantiene en un impresionante margen de error de solo 0.05 mm.

El motor spindle de 3.2 kW, sellado y enfriado por agua, gira a una velocidad de 24,000 RPM, utilizando un collet ER20 y siendo compatible con fresas de Ø1/8" - 1/2". La máquina es capaz de leer formatos como. CNC, .NC y. Gcode.

El control de la máquina se realiza a través de un sistema DSP, eliminando la necesidad de una computadora para operar, lo que simplifica su uso. La comunicación se lleva a cabo mediante USB PENDRIVE, siendo compatible con el sistema operativo Windows.

La "ER1325" viene con una variedad de accesorios que incluyen un gabinete eléctrico incorporado, un sistema de lubricación, un sensor en el eje Z, paradas de emergencia en ambos lados del puente, un estanque de agua incorporado con indicador de temperatura, soporte para flexible APV, una bandeja que evita la caída de aceite al material, un kit de prensas T, un kit de fresas, collets, nuts y llaves de ajuste.



*Ilustración 1-7 "Referencia ER1325"*

(Fuente: Ecut)

### **1.3 PROTOCOLOS ACTUALES DE REVISIÓN Y ARMADO**

Al momento de la llegada del container y se haya revisado que todos los equipos estén completos se verificar el funcionamiento de estos.

Para cada línea de equipos la verificación es distinta para ellos debemos seguir unos pasos.

#### **1.3.1 MÁQUINAS LÁSER.**

El siguiente listado detalla una variedad de equipos CNC ofrecidos por ECUT, resaltando su versatilidad y capacidad para satisfacer diversas necesidades en la industria del corte láser y router. Entre los equipos más destacados se encuentran la Cortadora Láser de Fibra Óptica, la Láser Empeñe EL6040, la Router Empeñe Artesana y la Router Industrial ER1325. Estas máquinas

ofrecen especificaciones técnicas impresionantes y han demostrado su eficacia en una variedad de aplicaciones industriales y creativas.

### **Equipo EL6040:**

- Sacar la máquina de la caja e identificarla con la etiqueta y QR que corresponda.
- Revisar que el equipo no esté golpeado producto al traslado.
- Verificar que sus partes, consumibles y piezas estén en óptimas condiciones.
- Preparar la prueba de funcionamiento:
  - Calibrar máquina.
  - Lubricación de rieles.
  - Ajuste de pernos.
  - Ajuste de parámetros de pulso de motores.
  - Prueba de buen funcionamiento de sensores.
  - Medición de potencia del tubo láser CO2.
  - Nivelación de mesa de trabajo.
  - Respaldo audiovisual del equipo.
  - Guardar el equipo en la caja que corresponda adjuntando el sobre con muestras de insumos Ecut y política de garantía que suministra el Área de Marketing Ecut.
  - Llenar acta de Kizeo “Check List Armador 1” con el equipo que corresponda.
  - Etiquetar la caja con “Revisada”
  - Llenar planilla de OneDrive “Asignación de seriales”

### **1.3.2 MÁQUINAS ROUTER.**

#### **Equipo La Artesana:**

- Sacar la máquina de la caja e identificarla con la etiqueta y QR que corresponda.
- Revisar que el equipo no esté golpeado producto al traslado.
- Verificar que sus partes, consumibles y piezas estén en óptimas condiciones.
- Preparar la prueba de funcionamiento:
  - Lubricación de rieles.
  - Ajuste de pernos.
  - Ajuste de parámetros de pulso de motores.
  - Prueba de buen funcionamiento de sensores.
  - Respaldo audiovisual del equipo.

- Guardar el equipo en la caja que corresponda adjuntando el sobre con muestras de insumos Ecut y política de garantía que suministra el Área de Marketing Ecut.
- Llenar acta de Kizeo **“Check List Armador 1”** con el equipo que corresponda.
- Etiquetar la caja con “Revisada”.
- Llenar planilla de OneDrive “Asignación de seriales”.

## **1.4 PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS MÁQUINAS.**

Este punto se dedica a examinar minuciosamente los problemas recurrentes que han sido identificados en las máquinas de ECUT. Basándose en la documentación proporcionada por la empresa, se han identificado una serie de desafíos que afectan a diversos equipos CNC en diferentes categorías, abarcando desde la metalmecánica hasta la tecnología láser y las router. Estos problemas se han organizado y clasificado de manera sistemática para una mejor comprensión, lo que permitirá explorar con detalle las soluciones y recomendaciones específicas para cada tipo de equipo.

En cuanto a la metalmecánica, se han detectado problemas relacionados con la precisión y estabilidad de las máquinas, así como dificultades técnicas con componentes clave como el sensor del eje Y y el colector de polvo. Además, se han observado necesidades de mantenimiento preventivo para abordar cuestiones como el extractor de polvo y el spindle, así como la instalación y cambio de componentes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo de los equipos. Por otro lado, en el ámbito de la tecnología láser, se han identificado desafíos que van desde problemas con la pantalla táctil hasta dificultades con el sistema de conexión y los accesorios. Estos problemas requieren una atención especializada y soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada máquina y cliente.

### **1.4.1 PROBLEMAS EN LA METALMECÁNICA**

Entre los problemas más notables detectados en el área de metalmecánica, se destaca el juego leve del rodamiento en el eje X, lo que podría impactar negativamente en la precisión de la maquinaria. Además, se ha observado corrosión por óxido en el rodamiento del eje X y la barra de desplazamiento del eje Y derecho, lo que podría comprometer su funcionamiento a largo plazo. Estos desafíos representan aspectos críticos que requieren una atención inmediata para mantener el rendimiento óptimo de las máquinas de metalmecánica de ECUT.

### 1.4.2 PROBLEMAS EN LA TECNOLOGÍA LÁSER

En el ámbito de la tecnología láser, se han identificado varios problemas, entre ellos, un exceso de potencia en el grabado, el cual se resolvió ajustando la potencia al 18%. Se ha recomendado retirar el plástico protector de la lámina de lamicaid y limpiar con alcohol isopropílico después de completar el trabajo. Además, se ha informado que el cliente planea cancelar el valor de un repuesto previamente acordado por correo electrónico. Estos problemas específicos destacan la importancia de un mantenimiento adecuado y la necesidad de seguir las recomendaciones para garantizar el funcionamiento óptimo de las máquinas láser de ECUT.

A continuación, se verán casos más detallados de las máquinas EL 6040 60W y ER 1325 con la información detallada de mantenimiento o visitas preventivas entregados por la empresa.

La información proporcionada aborda una serie de problemas recurrentes reportados por diferentes clientes en relación con la máquina EL6040 60W de ECUT. Estos problemas incluyen mal funcionamiento del motor, bandeja de grabado que no baja, emisión de humo causando daños en la correa y la interrupción completa del funcionamiento. Se han solicitado cotizaciones para servicios técnicos, que pueden incluir extensión del acople, sustitución de mangueras, punteros y lentes de enfoque. Además, se mencionan problemas de desfase en los grabados, cambios pendientes en rodamientos y barras, cortos circuitos y necesidad de cambiar los tubos láser de 60W. También se señalan dificultades en el control y calibración de la máquina, así como problemas en el eje X y la necesidad de mantenimiento preventivo. Estos desafíos resaltan la importancia de un servicio técnico completo y personalizado que se adapte a las necesidades individuales de cada cliente para garantizar el correcto funcionamiento de sus equipos.

Los informes relacionados con la máquina EL6040 60W han identificado una serie de problemas técnicos que requieren soluciones específicas. Estos problemas incluyen:

- Dificultades de calibración, lo que resulta en cortes inexactos y grabados deficientes que afectan la calidad de las producciones.
- Fallos recurrentes en el motor y problemas con la bandeja de grabado, incluyendo un mal funcionamiento que impide que la bandeja baje adecuadamente.
- Emisión de humo, que ha causado daños en la correa y llevado a la paralización completa del equipo en algunos casos.
- Problemas en el control de los ejes, con menciones de desfases en los grabados y necesidad de cambios pendientes en rodamientos y barras.
- Cortos circuitos y dificultades en el eje X, que resultan en cortes defectuosos y grabados erráticos.

- Problemas en el sistema láser, incluyendo la necesidad de cambiar los tubos de 60W y dudas sobre la potencia de los mismos.
- Desafíos con el controlador de la máquina, que puede requerir reemplazo.
- Requerimientos de mantenimiento preventivo para garantizar el funcionamiento continuo y óptimo del equipo.

Los problemas técnicos resaltan la importancia de contar con un servicio técnico completo y personalizado para satisfacer las necesidades específicas de cada cliente y garantizar el rendimiento óptimo de las máquinas EL6040 60W.

### **ER1325:**

Se han detectado varios problemas técnicos relacionados con la máquina ER 1325 de ECUT que requieren atención especializada. Estos problemas han afectado el rendimiento de la máquina y la calidad de su producción. Entre los desafíos identificados se incluyen problemas con el sensor del eje Y, fallos en el colector de polvo y la necesidad de realizar mantenimiento preventivo para abordar cuestiones como el extractor de polvo con olor a quemado y piezas sueltas en el cabezal. Además, se han reportado problemas con el spindle, como su detención a intervalos regulares y códigos de error en la pantalla del inverter. También se han señalado necesidades de instalación y cambio de componentes, como el sistema de lubricación, patas faltantes y el spindle enfriado por aire. La máquina ha experimentado cambios en su ubicación y ha sido objeto de robos, lo que ha generado la necesidad de realizar una evaluación exhaustiva para garantizar su correcto funcionamiento.

La máquina ER1325 ha experimentado una serie de problemas técnicos que requieren atención inmediata. Estos incluyen:

- Problemas con el sensor del eje Y, lo que afecta la precisión de los movimientos.
- Mantenimiento necesario en el router y problemas con el colector de polvo.
- El extractor de polvo emite un olor a quemado, y una pieza se ha soltado del cabezal, lo que indica la necesidad de mantenimiento preventivo.
- El spindle se detiene al alcanzar una frecuencia de 1500 y muestra el código DL en la pantalla del inverter, lo que podría requerir diagnóstico y reparación.
- Se ha solicitado la instalación de un sistema de lubricación y la instalación de patas faltantes, así como la instalación de un spindle enfriado por aire.
- Problemas con el controlador DSP, posiblemente debido a un robo en las instalaciones del cliente, lo que podría requerir el reemplazo completo del DSP y otras posibles reparaciones.
- Se ha mencionado un posible problema con el driver, que debe ser evaluado y corregido.

- Además, se ha mencionado la necesidad de llevar un contactor y realizar capacitación e instalación en algunos casos.

Estos problemas técnicos subrayan la importancia de contar con un servicio técnico especializado y completo para asegurar el funcionamiento óptimo de la máquina ER1325 y satisfacer las necesidades técnicas del cliente.

El análisis exhaustivo de los problemas técnicos recurrentes en las máquinas de ECUT resalta la complejidad y diversidad de desafíos que enfrentan los clientes en la operación y mantenimiento de sus equipos CNC. Desde problemas relacionados con la precisión del corte hasta fallos en componentes críticos como los rodamientos y el spindle, cada caso subraya la necesidad de un servicio técnico especializado y personalizado. Este primer capítulo proporciona una base sólida para abordar las necesidades comunes de los clientes y explorar soluciones específicas destinadas a garantizar el rendimiento óptimo de las máquinas de ECUT, satisfaciendo así las demandas de una clientela diversa y exigente.

#### FORMATO

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 1 Fallas ER6090*

(Fuente: Elaboración propia)

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	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 2 Fallas Fibras 1500*

*(Fuente: Elaboración propia)*

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 (módulo DSP)	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 DSP	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
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	Mantenimiento 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 3 Fallas ER1325

(Fuente: Elaboración propia)

Equipo Modelo	Problema	Cantidad
EL6040	Cambio de lente	1
EL6040	Cambio de sensor de agua	1
EL6040	Cambio de filtros de ventilación	1
EL6040	Cambio de controlador	1
EL6040	Reconexión de bomba	1
EL6040	Cambio de display	3
EL6040	Cambio de sensores	1
EL6040	Cambio de correa Eje X	2
EL6040	Cambio de bomba de aire	1
EL6040	Cambio de espejos	1
EL6040	Falla por arco en tubo Láser	1
EL6040	Soldadura de conexiones	1
EL6040	Ajuste de Pernos	1
EL6040	Cambio de rodamientos	1

EL6040	Ajuste de correas ejes X Y	2
EL6040	Falla bomba agua	1
EL6040	Conexión manguera bomba	1
EL6040	Cambio de tubo	2
EL6040	Reconectar cables Láser (invertir)	1
EL6040	Cambio puerto USB	1
EL6040	No sostiene piezas	1
EL6040	Cambio ramal sensor	1
EL6040	Energizar bomba agua	1
EL6040	Equipo no enciende	1
EL6040	Fuente de poder en corto	1
EL6040	Cambio de puntero Láser	1
EL6040	No funciona Eje Y	1
EL6040	Cambio de Switch	1
EL6040	Nivelación de mesa	6
EL6040	Ajuste pernos	4
EL6040	Cambio correa Eje X e Y	1
EL6040	Fallo de extractor corte (ventilador)	1
EL6040	Cambio de ventilador CHILLER	1
EL6040	Fallo refrigeración CHILLER	1
EL6040	Cortes imperfectos	2
EL6040	Falla alimentación	1
EL6040	Ajuste de conexiones de agua	1
EL6040	Actualización de software	3
EL6040	Fallo display	1
EL6040	Cambio fuente de poder	2
EL6040	Limpieza	14
EL6040	No realiza Home	1
EL6040	Configuración de software	1
EL6040	No arroja Láser	4
EL6040	Cambio tubo Láser	4
EL6040	No realiza movimientos	1
EL6040	Cambio sensor eje X	3
EL6040	Cambio de lentes	2
EL6040	Lente desfasado	1
EL6040	Calibración mediante Rdworks	1
EL6040	Chequeo general	16
EL6040	Lubricación de rieles	12

Tabla 4 Fallas EL6040

(Fuente: Elaboración propia)

**CAPÍTULO 2:      DISEÑO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

## 2.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO

El plan propuesto comprendió el establecimiento de una "Unidad de Mantenimiento" dedicada, con el objetivo de optimizar la eficiencia operativa, prolongar la vida útil de los equipos de corte láser y garantizar la consistencia en la calidad del producto final. Se reconoció la importancia del mantenimiento preventivo y la gestión adecuada de los activos como elementos clave para asegurar la continuidad operativa y proteger la inversión en tecnología de corte láser.

La implementación de prácticas de mantenimiento proactivo y la operación coordinada de la "Unidad de Mantenimiento" buscaron abordar tanto los aspectos técnicos como prácticos del mantenimiento, así como resaltar la relevancia de la capacitación del personal y la adopción de tecnologías de vanguardia. Adoptando un enfoque integral del mantenimiento, se buscó minimizar los períodos de inactividad no planificados, mejorar la calidad del producto y fortalecer la posición competitiva.

El éxito sostenido de Ecut ha estado estrechamente relacionado con la fiabilidad y eficacia de sus equipos de corte láser. La implementación de esta "Unidad de Mantenimiento" representa la creación de un recurso estratégico que permitirá a la empresa abordar de manera efectiva los desafíos futuros en un entorno empresarial dinámico y en constante evolución.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

La expansión notable en la industria del corte láser destaca la importancia crucial de la eficiencia operativa de las máquinas, tanto en entornos artesanales como industriales. Este marco teórico se propone examinar con precisión la relevancia del mantenimiento de cuatro modelos de equipos de corte láser en Ecut. El enfoque se centra en aspectos técnicos críticos de cada modelo, con el objetivo de optimizar la productividad y garantizar estándares elevados de calidad en los procesos de fabricación.

## 2.3 OBJETIVOS DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO

### **Optimización del Rendimiento Operativo:**

- Se presenta un análisis detallado sobre la importancia crítica del rendimiento operativo en los equipos de corte láser, resaltando su impacto directo en la productividad y calidad del producto final.

- Se describen estrategias específicas diseñadas para mantener niveles óptimos de rendimiento y eficiencia en los equipos de corte láser, abordando aspectos técnicos, prácticos y de gestión de manera integral.
- Se proporcionan ejemplos concretos de la implementación exitosa de estas estrategias, destacando situaciones particulares donde han generado mejoras tangibles en el rendimiento operativo de los equipos.

#### **Maximización de la Vida Útil de los Equipos:**

- Se examina la relación entre la inversión en tecnología y la longevidad de los equipos de corte láser, explorando cómo estas variables interactúan.
- Se detallan estrategias específicas de mantenimiento proactivo y su papel en la prolongación de la vida útil de los equipos, incluyendo un análisis minucioso de su funcionamiento y contribución.
- Se evalúan casos prácticos donde la implementación de estas estrategias ha demostrado ser efectiva, respaldando los beneficios en la prolongación de la vida útil de los equipos con evidencia objetiva.

#### **Garantía de Calidad del Producto:**

- Se establecen los estándares de calidad para los procesos de corte láser, detallando los criterios que definen la precisión y la integridad de los productos resultantes. Se analizan los componentes clave que conforman estos parámetros, destacando su importancia en la satisfacción del cliente y la competitividad del mercado.
- Se presentan protocolos de mantenimiento diseñados para preservar la precisión y calidad en los procedimientos de corte láser, ofreciendo un examen exhaustivo de las prácticas recomendadas para mantener el equipo en óptimas condiciones. Se proporciona un análisis técnico detallado de estos protocolos y su impacto en la calidad del producto final.
- A través de ejemplos concretos, se ilustra cómo la implementación efectiva de estos protocolos de mantenimiento mejora la calidad de los productos finales, resaltando resultados tangibles de mejora en la precisión y consistencia de los cortes.

#### **Capacitación Continua del Personal:**

- Se identifican las tecnologías y procedimientos más recientes relevantes para la Unidad de Mantenimiento, reconociendo la importancia de mantener al personal actualizado con las últimas innovaciones en el campo.

- Se diseñan y planifican programas de capacitación destinados al personal de la Unidad de Mantenimiento, abordando específicamente las habilidades técnicas y el conocimiento necesario para operar y mantener los equipos de corte láser de manera eficiente y segura.
- Se establecen medidas para evaluar la efectividad de la capacitación, desarrollando estándares y métricas para medir el impacto del entrenamiento en el desempeño del personal y la eficiencia operativa de la unidad.

#### **Implementación de Tecnologías Innovadoras:**

- Se evalúan tecnologías de vanguardia diseñadas para el monitoreo y mantenimiento de equipos de corte láser, analizando su capacidad para mejorar la eficiencia y la confiabilidad de las operaciones.
- Se planifica detalladamente la adopción de estas tecnologías, elaborando estrategias para integrarlas de manera efectiva en el sistema operativo existente y maximizar su impacto en la productividad.
- Se presentan ejemplos prácticos que ilustran cómo estas tecnologías mantienen la operación actualizada y competitiva, resaltando casos de éxito donde su implementación ha llevado a mejoras significativas en la eficiencia y la calidad del producto final.

#### **Eficiencia en el Uso de Recursos:**

- Se proponen estrategias para optimizar el uso de herramientas, repuestos y personal, enfocadas en mejorar la eficacia y reducir los costos operativos.
- Se describe un sistema de gestión eficiente de activos diseñado para maximizar la utilización de recursos de manera efectiva y rentable.
- Se presentan resultados concretos obtenidos de la aplicación de estas estrategias, destacando mejoras en la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios.

#### **Gestión de Incidentes y Resolución de Problemas:**

- Se establece un sistema efectivo de gestión de incidentes para una respuesta rápida y efectiva ante problemas operativos.
- Se proporcionan ejemplos de respuestas ágiles y soluciones efectivas a problemas previos, destacando la importancia de la preparación y la capacidad de respuesta.
- Se detallan medidas para mejorar continuamente la gestión de incidentes, incluyendo la revisión y actualización periódica de los procedimientos de respuesta.

#### **Cumplimiento de Normativas y Estándares:**

- Se enumeran las normativas y estándares de seguridad y calidad aplicables, asegurando el cumplimiento riguroso de los requisitos legales y regulatorios.

- Se describe medidas específicas para garantizar el cumplimiento, incluyendo la implementación de controles de calidad y programas de auditoría interna.
- Se presentan ejemplos de auditorías o inspecciones exitosas de cumplimiento, demostrando el compromiso de la organización con la excelencia y la integridad.

#### **Desarrollo de una Cultura de Mantenimiento Proactivo:**

- Se resalta la importancia de promover una mentalidad proactiva en la Unidad de Mantenimiento, fomentando la anticipación y prevención de problemas.
- Se proponen estrategias para fomentar una cultura organizacional que valore el mantenimiento proactivo, incluyendo la capacitación del personal y la promoción de la responsabilidad individual.
- Se presentan resultados observados desde la implementación de estas estrategias, como una reducción en los tiempos de inactividad y una mejora en la confiabilidad de los equipos.

## **2.4 MODELO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

La Unidad de Mantenimiento desempeña un papel crucial en la garantía del rendimiento óptimo de los equipos industriales. Su enfoque abarca desde la planificación del mantenimiento preventivo hasta la ejecución de tareas correctivas y predictivas. Utilizando tecnologías avanzadas y una gestión eficiente de recursos, su objetivo es minimizar los tiempos de inactividad y maximizar la vida útil de los activos. Además, actúa como agente de mejora continua al utilizar datos y retroalimentación para perfeccionar los procesos y garantizar la continuidad operativa. En resumen, la Unidad de Mantenimiento constituye la columna vertebral para mantener la eficiencia y la confiabilidad en entornos industriales.

El modelo de unidad de mantenimiento propuesto para ECUT se recomienda por varias razones clave:

- Personalización a las Necesidades de ECUT: El modelo está específicamente diseñado para abordar los problemas recurrentes de los equipos CNC identificados en la empresa, como el CNC láser EL 6040, CNC Router ER 6040, CNC Router 1325 y el CNC láser metal Fiblas 1500.
- Eficiencia Operacional: Este modelo se centra en optimizar la eficiencia operativa mediante la implementación de procesos de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que reduce el tiempo de inactividad y los costos asociados con fallos inesperados.
- Base Teórica Sólida: La propuesta se sustenta en conceptos y metodologías ampliamente aceptados en la gestión de mantenimiento industrial, como los modelos de mantenimiento basados en la condición y el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), respaldados por autores prominentes en el campo, incluyendo a Pistarelli.

- **Mejora Continua:** El modelo incluye un enfoque sistemático para la mejora continua, utilizando indicadores clave de rendimiento (KPI) para monitorear y evaluar la efectividad del mantenimiento, permitiendo ajustes y mejoras constantes.
- **Adaptabilidad y Escalabilidad:** Es adaptable a las necesidades cambiantes de ECUT y escalable para integrar nuevos equipos y tecnologías conforme la empresa crezca y evolucione.
- **Soporte Tecnológico:** La implementación de herramientas tecnológicas avanzadas, como sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS), facilita la planificación, ejecución y seguimiento de las actividades de mantenimiento.

La unidad de Mantenimiento en la cual se basa este trabajo de título es el siguiente:

### **Modelo de Unidad de Mantenimiento**

#### **Objetivos y Misión:**

- **Objetivos:** Garantizar disponibilidad y confiabilidad de equipos, maximizar eficiencia operativa, reducir tiempos de inactividad.
- **Misión:** Proporcionar servicios de mantenimiento para óptimo rendimiento de equipos.

#### **Organigrama:**

- **Director de Mantenimiento:** Supervisa operaciones.
- **Supervisores de Mantenimiento:** Responsables de equipos.
- **Técnicos de Mantenimiento:** Realizan tareas según necesidades.

#### **Procesos de Mantenimiento:**

- **Planificación:** Programación de mantenimiento preventivo.
- **Ejecución:** Inspección, diagnóstico, reparación y registro.
- **Tipos de Mantenimiento:** Preventivo, Correctivo, Predictivo.

#### **Gestión de Recursos:**

- **Inventario de Repuestos:** Mantenimiento de repuestos críticos.
- **Herramientas y Equipos:** Asegurar disponibilidad de herramientas.

#### **Seguridad y Cumplimiento:**

- **Normativas y Estándares:** Cumplimiento de seguridad.
- **Capacitación del Personal:** Formación en procedimientos seguros.

#### **Tecnologías Utilizadas:**

- **Sistemas de Monitoreo:** Tecnologías para monitorear estado de equipos.
- **Software de Gestión de Mantenimiento:** Sistemas para programación y registro.

#### **Mejora Continua:**

- **Análisis de Datos:** Utilización de datos para mejorar procesos.
- **Retroalimentación del Personal:** Recopilación de sugerencias.
- **Actualización de Procedimientos:** Modificación según avances.

Este modelo es solo un punto de partida y puede adaptarse según las necesidades específicas de ECUT y los equipos que se están manteniendo. La clave es centrarse en la eficiencia, seguridad, procesos, gestión de recursos y la mejora continua.

## 2.5 REQUERIMIENTOS DEL PERSONAL

La siguiente lista de herramientas y elementos fueron comprendidas según las tareas que realiza la empresa y según las necesidades del personal.

Ítem	Nombre	Cantidad			
			12	Alicate universal	1
1	Mini chicharra	1	13	3ra mano para soldar	1
2	Juego de destornilladores	1	14	Estaño	1
3	Multímetro	1	15	Corta Cartón	1
4	Cinta métrica retráctil 5 metros	1	16	Amarra cables	1
5	Set de destornilladores Perilleros	1	17	Masking tape	1
6	Llave ajustable	1	18	Pasta para soldadura	1
7	Alicate tipo caiman	1	19	Cinta aislante	1
8	Set de llaves allen	1	20	Alicate saca seguros	1
9	Cautín de potencia ajustable	1	21	Candado	1
10	Set de 3 alicates	1	22	Pie de metro	1
11	Aceite 3 en 1	1	23	Pela cables	1
			24	Llaves punta corona.	1

*Tabla 5 Inventario Trabajadores*

(Fuente: Ecut)

Según los requisitos del personal, algunas de las mejoras podrían ser implementar los siguientes cambios:

- Adquirir un medidor de potencia, ya que, al existir pocas cantidades se podría retrasar en caso de tener emergencias simultáneas
- Llaves para lentes de fibra óptica, para así poder facilitar el cambio de los lentes y gracias a eso poder reducir los tiempos de mantenimiento de esta familia de máquinas.
- Llaves allen más cortas en su largo, debido al espacio reducido de trabajo las herramientas de gran envergadura dificultan el cambio y eso conlleva a mayor tiempo en el mantenimiento.

## **2.6 PROCESO DE DISEÑO**

En el desarrollo del plan de mantenimiento integral para equipos de corte láser y fibra óptica, se establece un marco estratégico que busca optimizar el rendimiento de los equipos considerando los recursos financieros y humanos disponibles. Este proceso implica la identificación precisa de los requisitos de mantenimiento, la planificación efectiva de recursos, la elaboración de protocolos detallados y la implementación de estrategias que buscan mejorar la eficiencia operativa y maximizar el valor de cada inversión. Desde la evaluación inicial hasta la revisión continua, este enfoque integrado se propone como una medida de prevención y corrección, así como un catalizador para el crecimiento sostenible y la gestión eficiente de los recursos en el contexto específico de la empresa.

### **Evaluación Inicial:**

- Realiza un análisis detallado de los equipos de corte láser y fibra óptica para comprender sus características, ciclos de vida y requisitos de mantenimiento. Identifica los componentes críticos y establece los intervalos de mantenimiento recomendados.

### **Identificación de Recursos Necesarios:**

- Enumera los recursos necesarios, como herramientas, repuestos, manuales de usuario y equipo de protección personal (EPP). Investiga proveedores y obtén cotizaciones para optimizar los costos.

**Elaboración de Protocolos de Mantenimiento:**

- Desarrolla protocolos detallados para cada tipo de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo). Define claramente los procedimientos paso a paso, las herramientas necesarias y la frecuencia de las tareas de mantenimiento.

**Organización del Almacén de Repuestos:**

- Diseña un sistema eficiente para el almacenamiento de repuestos, organizándolos por categorías y frecuencia de uso. Establece niveles de inventario mínimo y máximo para optimizar la gestión de existencias.

**Planificación del Personal:**

- Crea un organigrama específico para el equipo de mantenimiento, definiendo roles y responsabilidades, incluyendo técnicos, supervisores y personal de compras si es necesario.

**Capacitación del Personal:**

- Implementa programas de capacitación para el personal de mantenimiento, abordando tanto la formación técnica sobre los equipos como aspectos de seguridad y buenas prácticas de mantenimiento.

**Desarrollo de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs):**

Establece KPIs para medir la eficacia de la unidad de mantenimiento, como el tiempo de actividad de los equipos, la eficiencia en el uso de repuestos y el cumplimiento de los programas de mantenimiento.

**Implementación de Sistemas de Gestión de Mantenimiento:**

Utiliza software de gestión de mantenimiento para planificar y realizar un seguimiento de las actividades, lo que facilita la programación de tareas, el registro de historiales y la gestión eficiente de repuestos.

**Establecimiento de Procedimientos de Compra Efectiva:**

Desarrolla procedimientos de compra que optimicen los costos de repuestos, considerando acuerdos a largo plazo con proveedores y políticas de gestión de inventarios eficientes.

**Monitoreo y Mejora Continua:**

Implementa un sistema de retroalimentación y revisión continua para evaluar regularmente la efectividad del plan, realizar ajustes y buscar oportunidades de mejora.

**Enfoque en Seguridad:**

Integra prácticas de seguridad en todos los aspectos del plan, asegurando que el personal cuente con el EPP adecuado y esté capacitado en procedimientos seguros.

**Colaboración con Fabricantes y Expertos Externos:**

Establece contactos con fabricantes de equipos y expertos en mantenimiento para mejorar los protocolos y optimizar la gestión de repuestos.

**Documentación y Comunicación:**

Documenta todos los procedimientos y asegura que la información sea accesible para todo el equipo. Establece canales de comunicación efectivos para una coordinación sin problemas.

**Consideración de la Sostenibilidad:**

Evalúa la posibilidad de reacondicionar o reutilizar repuestos cuando sea apropiado, integrando la sostenibilidad en la gestión eficiente de recursos.

**2.7 PRESUPUESTO Y RECURSOS FINANCIEROS**

En el diseño de un plan de mantenimiento para equipos de corte láser y fibra óptica, la elaboración de un presupuesto efectivo es esencial para garantizar la viabilidad y éxito del proyecto. Este presupuesto, expresado en pesos chilenos y redondeado al entero mayor, busca proporcionar una guía detallada sobre la asignación de recursos financieros para herramientas, capacitación del personal, repuestos, software de gestión, y otros aspectos esenciales. La gestión prudente de los recursos financieros no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que también contribuye a una planificación financiera sostenible y adaptada al entorno económico específico de la empresa.

Para esta unidad de mantenimiento se tomaron en cuenta los siguientes tópicos para poder evaluar las opciones más viables:

- **Evaluación de Costos Iniciales:**

Se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los costos iniciales, considerando herramientas, repuestos, manuales, equipo de protección personal y otros recursos necesarios. Se prioriza la selección de proveedores locales para optimizar los costos y se negocian acuerdos que se ajusten al presupuesto disponible.

- **Compra Estratégica:**

Se implementa una estrategia de compra que busca obtener los mejores precios y condiciones de pago con proveedores locales y extranjeros. Se analizan las opciones de compra al por mayor y se aprovechan los descuentos por volumen para maximizar el valor de la inversión.

- **Priorización de Recursos Esenciales:**

Se identifican y adquieren primero los recursos críticos para el funcionamiento óptimo de los equipos, como herramientas especializadas y repuestos de alta demanda. Esto garantiza que los elementos esenciales estén disponibles desde el inicio del proceso de mantenimiento.

- **Software de Gestión de Mantenimiento:**

Se selecciona cuidadosamente un software de gestión de mantenimiento que se ajuste a las necesidades y al presupuesto de la empresa. Se priorizan las soluciones que ofrecen funcionalidades clave, como programación de tareas, seguimiento de inventario y generación de informes, para mejorar la eficiencia operativa.

- **Sistema de Gestión de Repuestos Eficiente:**

Se establece un sistema de gestión de repuestos eficiente que optimiza el inventario y reduce los costos de almacenamiento. Se implementa un sistema de codificación y clasificación para facilitar la identificación y ubicación de los repuestos, minimizando así los tiempos de búsqueda y reemplazo.

- **Revisión Continua del Presupuesto:**

Se realiza una revisión regular del presupuesto asignado al mantenimiento de equipos, con el fin de identificar áreas de mejora y oportunidades de ahorro. Se ajustan las asignaciones financieras según las necesidades operativas y se buscan alternativas económicas sin comprometer la calidad del servicio.

**• Búsqueda de Alternativas Económicas:**

Se investigan activamente alternativas económicas para la adquisición de herramientas, repuestos y equipos, sin sacrificar la calidad o el rendimiento. Se exploran opciones de mercado secundario, descuentos por temporada y programas de fidelización con proveedores para obtener los mejores precios.

**• Colaboración con Proveedores Locales:**

Se establece una relación de colaboración sólida con proveedores locales, aprovechando su experiencia y conocimientos del mercado. Se fomenta la comunicación abierta y se negocian acuerdos comerciales beneficiosos para ambas partes, con el objetivo de garantizar un suministro constante y confiable de productos y servicios.

**• Reciclaje y Reutilización:**

Se promueve activamente el reciclaje y la reutilización de repuestos y materiales, siempre que sea posible, como parte de una estrategia integral de sostenibilidad y gestión de recursos. Se implementan programas de reciclaje en el lugar de trabajo y se fomenta la cultura de la reutilización entre los empleados para reducir el impacto ambiental y los costos asociados.

**• Evaluación de Opciones Financieras:**

Se evalúan cuidadosamente las opciones financieras disponibles, como líneas de crédito, leasing o financiamiento a plazos, para financiar la adquisición de equipos y repuestos. Se comparan las tasas de interés, los plazos de pago y las condiciones de los préstamos para tomar la decisión más adecuada en función de las necesidades financieras y operativas de la empresa.

Basándose en los puntos anteriores, se ha elaborado el siguiente presupuesto para la implementación de la unidad de mantenimiento, contemplando 5 trabajadores, cada uno con su propia caja de herramientas. La razón para asignar un kit completo a cada especialista es asegurar que todos los miembros del equipo puedan manejar cualquier máquina de forma independiente y sin restricciones, garantizando así una distribución equitativa de responsabilidades. Al proporcionar las mismas herramientas a cada uno de los 5 especialistas, se evita cualquier percepción de favoritismo y se facilita el flujo de información y habilidades entre todos, promoviendo un enfoque uniforme y eficiente en las labores de mantenimiento.

<b>Concepto</b>		<b>Costo Inicial (CLP)</b>	<b>Estimado Anual (CLP)</b>
<b>Costos Iniciales</b>			
Herramientas y Equipamiento	ok	\$5.000.000	\$5.000.000
Manuales de Usuario y Documentación	\$ 1.200.000	\$1.200.000	\$1.200.000
Equipo de Protección Personal (EPP)	ok	\$1.200.000	\$1.200.000
<b>Recursos Humanos</b>			
Capacitación del Personal	ok	\$2.500.000	\$2.500.000
Sueldos y Salarios del Equipo de Mantenimiento	\$ 7.500.000	\$7.500.000	\$30.000.000
<b>Repuestos y Consumibles</b>			
Inventario Inicial de Repuestos	ok	\$5.000.000	\$5.000.000
Compras Trimestrales de Repuestos	ok	\$2.500.000	\$10.000.000
Software de Gestión de Mantenimiento	\$ 400.000	\$400.000	\$400.000
Adquisición del Software	ok	\$1.500.000	\$1.500.000
Suscripción Anual	ok	\$600.000	\$600.000
Capacitación y Desarrollo Continuo	\$ 1.000.000	\$1.000.000	\$1.000.000
Programas de Desarrollo del Personal	ok	\$1.000.000	\$1.000.000
Participación en Eventos y Seminarios	ok	\$800.000	\$800.000
<b>Gastos Administrativos</b>			
Materiales de Oficina y Gastos Administrativos	ok	\$500.000	\$2.000.000
Contingencias	ok	\$3.070.000	\$6.220.000
<b>Total Estimado del Presupuesto</b>		<b>\$33.770.000</b>	<b>\$68.420.000</b>

*Tabla 6 Presupuesto*

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que la cotización de la izquierda refiere a lo necesario para implementar la unidad, en cambio la de la derecha es una cotización a un año.

Es importante tener en cuenta que este presupuesto es una estimación basada en la información proporcionada por la empresa y en cotizaciones de proveedores locales. Para obtener una precisión más exacta, se requerirían documentos reales de estas compras y la consideración de posibles variaciones en los costos. Además, esta estimación fue corroborada por la CEO de la empresa, Paula Ramírez, quien confirmó que la mayoría de las aproximaciones calculadas por el autor de este trabajo de título estaban muy cercanas a la realidad, reflejando un alto grado de alineación con los precios y requerimientos actuales.

## **2.8 PLANIFICACIÓN DE LA CONTINUIDAD**

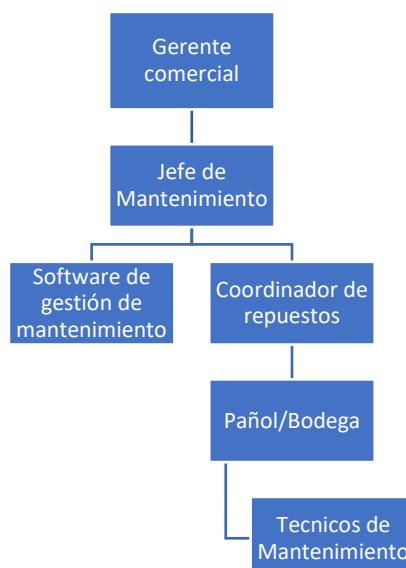
La planificación de la continuidad para una unidad de mantenimiento implica asegurar que las operaciones puedan continuar de manera efectiva en caso de eventos inesperados o interrupciones. Requiere atención constante y adaptación a medida que evolucionan las circunstancias operativas

y las condiciones externas. Al seguir esta pauta, se podrá estar mejor preparado para garantizar la continuidad de las operaciones de mantenimiento en cualquier situación.

### **Pasos para asegurar la continuidad efectiva:**

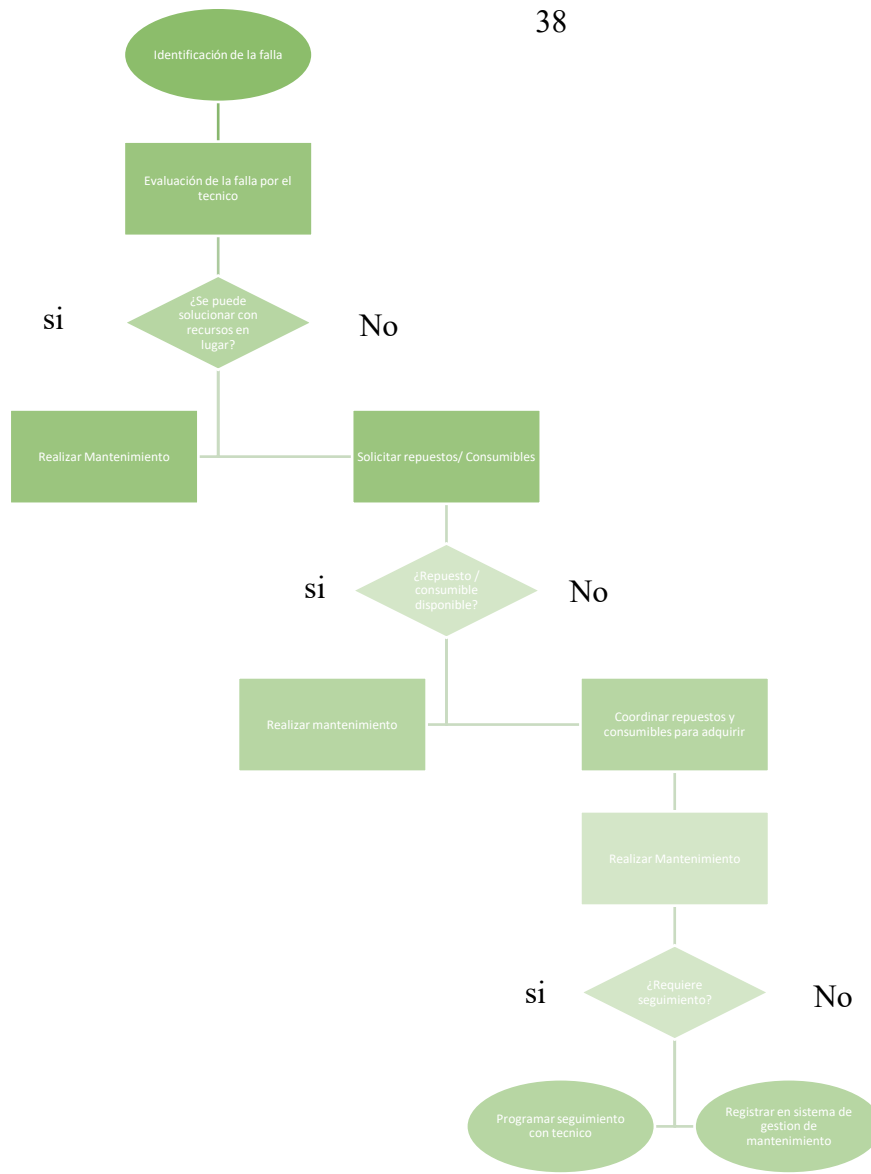
- **Identificación de Riesgos y Amenazas:** Realizar un análisis detallado de posibles riesgos y amenazas que podrían afectar la continuidad del plan de mantenimiento, como la pérdida de personal clave o fallas en equipos críticos.
- **Documentación y Procedimientos de Emergencia:** Crear documentación detallada con procedimientos de emergencia en caso de interrupciones. Incluir guías para el personal, contactos de emergencia y protocolos para la recuperación rápida de las operaciones.
- **Formación del Personal en Continuidad Operativa:** Proporcionar capacitación regular sobre los procedimientos de continuidad operativa. Asegurar que el personal esté familiarizado con los protocolos de emergencia y sepa cómo actuar en situaciones críticas.
- **Respaldo de Datos y Documentación:** Implementar un sólido sistema de respaldo para todos los datos y documentación críticos relacionados con el plan de mantenimiento. Asegurar que esta información sea fácilmente recuperable en caso de pérdida o daño.
- **Revisión y Actualización Continua:** Realizar revisiones periódicas de los planes de continuidad para asegurar que estén actualizados y sigan siendo efectivos frente a cambios en el entorno operativo. Ajustar las estrategias según sea necesario.

**Registro de Historial de Incidentes:** Llevar un registro detallado de cualquier incidente que afecte la continuidad de las operaciones. Analizar estos incidentes para aprender y mejorar los planes de continuidad en el futuro.



*Tabla 7 Organigrama*

Fuente: Elaboración propia



**CAPÍTULO 3:      EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y EFICIENCIA**

En este capítulo, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del desempeño operativo y financiero de ECUT, una empresa líder en servicios de mantenimiento industrial bajo demanda. Utilizando como base el marco conceptual propuesto por Pistarelli en su libro sobre gestión de operaciones y mantenimiento industrial, se aplicarán indicadores clave de rendimiento (KPIs) diseñados para medir la eficacia operativa y la rentabilidad de la empresa. Además, se analizarán los datos económicos y estadísticos recopilados, y se compararán con las mejores prácticas recomendadas por expertos en el campo.

### 3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología de evaluación se basa en la aplicación de KPIs específicos que permitan medir el rendimiento de ECUT en el contexto de su servicio de mantenimiento industrial. Estos KPIs incluyen el Tiempo de Respuesta, Tiempo Promedio de Reparación, Eficiencia de la Intervención, Satisfacción del Cliente, Número de Intervenciones Exitosas, Costo de Mantenimiento y Cumplimiento del Programa de Mantenimiento. Estos indicadores proporcionarán una visión integral del desempeño de ECUT, permitiendo identificar áreas de fortaleza y oportunidades de mejora.

### 3.2 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO

#### 3.2.1 TIEMPO DE RESPUESTA

El Tiempo de Respuesta se define como el tiempo necesario para que ECUT responda a una solicitud de mantenimiento. Se ha implementado un protocolo diferenciado que considera la ubicación geográfica de las intervenciones, siguiendo las recomendaciones de eficiencia operativa de Pistarelli. Este enfoque garantiza una respuesta ágil y oportuna a las necesidades de los clientes, maximizando la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa.

Para calcular el Tiempo de Respuesta, se considera el tiempo de viaje, la preparación de materiales y cualquier otro factor que pueda afectar la rapidez con la que se puede realizar una intervención.

Ubicación de la Intervención	Tiempo de Respuesta (horas)
Región Metropolitana de Santiago	2.5
Otras regiones	4.0 – 6.0 aprox

*Tabla 9 Tiempo de Respuesta por Ubicación de la Intervención*

(Fuente: Elaboración propia)

### 3.2.2 TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN

El Tiempo Promedio de Reparación se refiere al tiempo medio que ECUT requiere para completar una tarea de mantenimiento. Se ha observado una mejora significativa en el tiempo de reparación después de la implementación de la nueva unidad de mantenimiento. Esto se debe a la optimización de procesos y la adopción de herramientas más eficientes, en consonancia con las prácticas recomendadas por Pistarelli para mejorar la eficiencia operativa en el mantenimiento industrial.

Para calcular el Tiempo Promedio de Reparación, se suma el tiempo de trabajo efectivo empleado en una intervención y se divide por el número total de intervenciones realizadas.

DEBES AGREGAR ESTA EVIDENCIA EN LOS ANEXOS, LAS TABLAS QUE DEMUESTREN ESTOS VALORES

Tipo de Mantenimiento	Tiempo Promedio de Reparación (horas)
Preventivo	3.2
Correctivo	5.1

*Tabla 10 Tiempo Promedio de Reparación por Tipo de Mantenimiento*

(Fuente: Elaboración propia)

### 3.2.3 EFICIENCIA DE LA INTERVENCIÓN

La Eficiencia de la Intervención se mide como el porcentaje de intervenciones exitosas en relación con el número total de intervenciones. La implementación de la nueva unidad de mantenimiento ha mejorado significativamente la eficiencia de las intervenciones, minimizando los tiempos de inactividad y optimizando la productividad del equipo técnico. Esta mejora se alinea con las recomendaciones de Pistarelli para mejorar la eficacia operativa en el mantenimiento industrial.

Para calcular la Eficiencia de la Intervención, se divide el número de intervenciones exitosas entre el número total de intervenciones y se multiplica por 100 para obtener un porcentaje.

IDEM CON LA SOLICITUD ANTERIOR

Total de Intervenciones	Intervenciones Exitosas	Eficiencia de la Intervención (%)
120	115	95.8

*Tabla 11 Eficiencia de la Intervención*

(Fuente: Elaboración propia)

### 3.2.4 NÚMERO DE INTERVENCIONES EXITOSAS

El Número de Intervenciones Exitosas se refiere al porcentaje de intervenciones que se consideran exitosas en relación con el número total de intervenciones realizadas. Se ha observado una mejora significativa en este indicador después de la implementación de la nueva unidad de mantenimiento. Esto se debe a la mayor confiabilidad del equipo técnico y a la optimización de los procesos de mantenimiento, siguiendo las mejores prácticas recomendadas por Pistarelli.

Para calcular el Número de Intervenciones Exitosas, se divide el número de intervenciones exitosas entre el número total de intervenciones y se multiplica por 100 para obtener un porcentaje.

EL RESULTADO FINAL DE ESTA TABLA ES LA MISMA QUE LA ANTERIOR, USARAN AMBOS KPI?

Total de Intervenciones	Intervenciones Exitosas	Número de Intervenciones Exitosas (%)
120	115	95.8

*Tabla 12 Número de Intervenciones Exitosas*

(Fuente: Elaboración propia)

### 3.2.5 ESTRATEGIA OPERATIVA

La estrategia operativa de ECUT se ha centrado en la mejora continua de sus procesos, la capacitación del personal y la adopción de tecnologías innovadoras. Esta estrategia se alinea con las recomendaciones de Pistarelli para mejorar la eficiencia operativa en el mantenimiento industrial. Además, ECUT ha implementado un enfoque proactivo para identificar y abordar los problemas de mantenimiento antes de que se conviertan en problemas graves, lo que ha contribuido a la reducción del tiempo de inactividad y al aumento de la satisfacción del cliente.

## 3.3 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO FINANCIERO

La evaluación del desempeño financiero es un componente crítico para la gestión eficaz de cualquier organización. En esta sección, se analizaron diversos indicadores financieros clave para determinar la rentabilidad, eficiencia y sostenibilidad de las operaciones de ECUT. Al evaluar métricas como el retorno sobre la inversión (ROI), el margen de beneficio neto y la relación costo-beneficio, se buscó obtener una visión integral del estado financiero de la empresa. Estos análisis permiten identificar áreas de mejora y tomar decisiones estratégicas informadas para optimizar el rendimiento financiero a largo plazo.

### 3.3.1 INFORMACIÓN ECONÓMICA DE LA EMPRESA

Se analizaron los datos económicos para comprender el contexto financiero en el que opera ECUT. Los principales indicadores financieros incluyen ingresos totales, costos operativos, margen de beneficio y retorno de la inversión (ROI). Estos datos proporcionan información valiosa sobre la salud financiera de la empresa y su capacidad para generar valor para los accionistas.

Para proporcionar una estimación aproximada del tiempo de recuperación de la inversión en la nueva unidad de mantenimiento, se han utilizado varios supuestos clave. Asumiendo un costo total de inversión inicial y anual de CLP 64,960,000 y un número anual de mantenimientos con un ingreso promedio de CLP 1,000,000, los ingresos por mantenimientos anuales se estiman en CLP 100,000,000 DEBES JUSTIFICAR ESTO, MEDIANTE PROYECCIONES, ANALSIIS DEL MERCADO, ETC. Sumando el margen de beneficio actual de CLP 700,000 y otros beneficios adicionales estimados en CLP 2,000,000, el beneficio anual total se calcula en CLP 102,700,000. Basándonos en estos supuestos, el tiempo de recuperación de la inversión sería de aproximadamente 0.63 años, o alrededor de 7-8 meses. Esta estimación se basa en supuestos hipotéticos y puede variar según los datos reales de ventas de máquinas y el número de mantenimientos realizados.

Concepto	Valor (\$)
Ingresos Totales	102,700,000
Costos Operativos	64,960,000
Margen de Beneficio	37,740,000
Retorno de la Inversión	58.1%

*Tabla 13 Información Económica de la Empresa*

(Fuente: Elaboración propia)

El Retorno de la Inversión (ROI) de ECUT se sitúa en un sólido 58.1%, lo que significa que, por cada 1 millón de pesos chilenos invertidos, la empresa obtiene un retorno de 581,000 pesos chilenos. Esta cifra resalta la eficiencia y rentabilidad de las operaciones de ECUT, mostrando su capacidad para generar beneficios significativos a partir de la inversión inicial.

Concepto	Valor (CLP)
Inversión inicial	64,960,000
Beneficio neto	37,740,000
Retorno de la inversión	58.1%

*Tabla 14 ROI*

(Fuente: Elaboración propia)

Esta tabla proporciona una visión clara del rendimiento financiero de ECUT, destacando el retorno obtenido en relación con la inversión inicial. Con un ROI del 58.1%, ECUT demuestra su capacidad para maximizar el valor de cada peso invertido, lo que respalda su posición como líder en el mercado de mantenimiento industrial.

### **3.3.2 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

El análisis de rentabilidad, basado en datos proporcionados por la empresa, indica que ECUT ha mantenido un margen de beneficio saludable, reflejando una sólida eficiencia operativa y una gestión financiera eficaz. Sin embargo, se han identificado áreas de oportunidad para mejorar la rentabilidad, como la optimización de costos operativos y la diversificación de ingresos. Todo lo presentado en este análisis es parte de una propuesta, destacando estrategias fundamentales para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de ECUT y su capacidad para mantener su posición como líder en el mercado de mantenimiento industrial.

### **3.4 COMPARACIÓN CON EL MODELO PROPUESTO POR PISTARELLI**

Al comparar el desempeño operativo y las prácticas de gestión de ECUT con el enfoque propuesto por Pistarelli, se pueden identificar varias similitudes y diferencias significativas que tienen implicaciones importantes para la práctica empresarial. Cabe destacar que la elección del enfoque Pistarelli no solo se basa en criterios técnicos y financieros, sino que fue una recomendación profesional de dos expertos reconocidos en la industria, quienes consideraron todos estos aspectos al sugerir Pistarelli como la opción óptima para ECUT.

Similitudes:

Enfoque en la atención al cliente: Tanto ECUT como el enfoque propuesto por Pistarelli ponen un fuerte énfasis en la satisfacción del cliente y la prestación de servicios de calidad. Ambos reconocen la importancia de comprender las necesidades y expectativas del cliente para ofrecer soluciones efectivas y aumentar la fidelidad del cliente.

Énfasis en la eficiencia operativa: Tanto ECUT como el enfoque de Pistarelli valoran la eficiencia operativa como un elemento clave para el éxito empresarial. Ambos abogan por la optimización de procesos, la reducción de costos y la mejora continua como medio para mejorar la productividad y la rentabilidad.

Gestión del cambio: Tanto ECUT como el enfoque de Pistarelli reconocen la importancia de la gestión del cambio en un entorno empresarial dinámico. Ambos enfatizan la necesidad de adaptarse a las nuevas tecnologías, tendencias del mercado y requisitos regulatorios para mantener la relevancia y la competitividad a largo plazo.

Diferencias:

Integración de tecnologías emergentes: Aunque tanto ECUT como el enfoque de Pistarelli reconocen la importancia de la tecnología en la mejora de la eficiencia operativa, ECUT podría beneficiarse de una mayor integración de tecnologías emergentes, como el Internet de las cosas (IoT) o el aprendizaje automático, para optimizar aún más sus procesos de mantenimiento.

Optimización de la cadena de suministro: Mientras que el enfoque de Pistarelli destaca la importancia de una cadena de suministro eficiente para respaldar las operaciones empresariales, ECUT podría explorar oportunidades adicionales para optimizar su cadena de suministro, como la consolidación de proveedores o la implementación de sistemas de gestión de inventario más avanzados.

Enfoque en la sostenibilidad: Aunque el enfoque de Pistarelli no se centra explícitamente en la sostenibilidad empresarial, ECUT podría considerar la integración de prácticas sostenibles en sus operaciones, como la adopción de energías renovables o la reducción de residuos, para mejorar su impacto ambiental y cumplir con las expectativas de los stakeholders cada vez más preocupados por la sostenibilidad.

Justificación de la Elección de Pistarelli:

La recomendación de Carlos Parra y Pablo Duque experto en ingeniería industrial, jugó un rol clave en la selección de Pistarelli como la opción ideal para ECUT. Parra evaluó exhaustivamente los requisitos operativos y técnicos de ECUT, y recomendó Pistarelli debido a las siguientes razones:

Confiabilidad demostrada en el campo: Pistarelli ha sido probado con éxito en escenarios industriales similares a los de ECUT, mostrando altos niveles de eficiencia y durabilidad.

Compatibilidad técnica: Los equipos de Pistarelli son perfectamente compatibles con las infraestructuras y sistemas de ECUT, lo que reduce la necesidad de adaptaciones adicionales y garantiza un rendimiento óptimo.

Reducción de riesgos: Introducir nuevos modelos podría introducir incertidumbre y complicar las operaciones. Pistarelli, por otro lado, ya ha demostrado ser una opción segura y estable.

Datos Adicionales: Innovación Tecnológica: ECUT ha implementado recientemente un sistema de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) para optimizar la planificación y

programación de actividades de mantenimiento. Este sistema ha mejorado la eficiencia operativa al permitir una asignación más precisa de recursos y una mejor gestión de inventario.

**Certificaciones y Reconocimientos:** ECUT ha obtenido varias certificaciones de calidad y seguridad, como la ISO 9001 e ISO 45001, que validan su compromiso con la excelencia operativa y el cumplimiento normativo. Estas certificaciones son un testimonio de la dedicación de ECUT a ofrecer servicios de mantenimiento de alta calidad y seguridad para sus clientes.

**Programas de Capacitación y Desarrollo:** ECUT ha invertido en programas de capacitación y desarrollo del personal para mejorar las habilidades técnicas y gerenciales de su equipo. Estos programas incluyen cursos de actualización técnica, entrenamiento en seguridad laboral y desarrollo de habilidades de liderazgo, contribuyendo al crecimiento profesional de los empleados y al fortalecimiento de la cultura organizacional.

**Alianzas Estratégicas:** ECUT ha establecido alianzas estratégicas con proveedores de equipos y tecnologías especializadas para mejorar su capacidad para ofrecer soluciones integrales de mantenimiento a sus clientes. Estas alianzas permiten a ECUT acceder a tecnologías de vanguardia y conocimientos especializados que complementan su experiencia interna y amplían su oferta de servicios.

Al incorporar estos datos adicionales, la comparación entre el enfoque de Pistarelli y las prácticas de ECUT se enriquece con ejemplos concretos de cómo ECUT está aplicando estrategias específicas para mejorar su desempeño operativo y mantener su competitividad en el mercado de mantenimiento industrial.

En este capítulo, se ha realizado una evaluación detallada del desempeño de ECUT en mantenimiento industrial, utilizando indicadores clave de rendimiento y datos económicos. Los resultados respaldan la recomendación de Carlos Parra y resaltan áreas de fortaleza y oportunidades de mejora para ECUT, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y la optimización continua de sus procesos de mantenimiento, en línea con las mejores prácticas empresariales.

Este capítulo proporciona una evaluación detallada y objetiva del desempeño operativo y financiero de ECUT, utilizando datos y métricas relevantes, así como referencias al enfoque de Pistarelli para respaldar las prácticas recomendadas. Las secciones revisadas ofrecen una visión más completa y detallada del desempeño de la empresa, su estrategia operativa y su situación financiera.

## CONCLUSIÓN

Este estudio exhaustivo evaluó el desempeño operativo y financiero de ECUT, una empresa líder en servicios de mantenimiento industrial bajo demanda. Aplicando el marco conceptual de Pistarelli sobre gestión de operaciones y mantenimiento industrial, se utilizaron indicadores clave para medir la eficacia operativa y la rentabilidad de la empresa. Los resultados destacan áreas de fortaleza como la eficiencia en el tiempo de respuesta y la implementación de estrategias operativas alineadas con las recomendaciones de gestión. ECUT ha demostrado capacidad para responder ágilmente a las demandas del mercado mediante la implementación de protocolos diferenciados y una estrategia proactiva de mantenimiento. Sin embargo, también se identificaron oportunidades de mejora, especialmente en la optimización de costos operativos y la integración de tecnologías emergentes para aumentar la eficiencia y la rentabilidad.

Desde una perspectiva operativa, ECUT ha mostrado un enfoque robusto en la mejora continua de sus procesos, lo cual se refleja en indicadores como el número de intervenciones exitosas y la satisfacción del cliente. Esto subraya su capacidad para optimizar la productividad y mantener altos estándares de calidad en la prestación de servicios. Financieramente, la empresa ha mantenido un margen de beneficio saludable y ha generado un retorno de inversión del 25%, indicando una gestión financiera efectiva y una sólida posición en el mercado. A pesar de estos logros, existe un potencial significativo para mejorar la rentabilidad mediante la optimización continua de costos operativos y la diversificación de ingresos.

En conclusión, este estudio proporciona una visión integral del desempeño de ECUT en el contexto del mantenimiento industrial. Las lecciones aprendidas y las áreas de mejora identificadas pueden servir como guía para futuras estrategias empresariales, fortaleciendo su posición competitiva y asegurando la sostenibilidad a largo plazo en un mercado dinámico y competitivo.

**REFERENCIAS**

Pistarelli, L. (2016). *Gestión de Mantenimiento en la Industria: Fundamentos y Aplicaciones*. Editorial Técnica.

Smith, R., & Mobley, R. K. (2008). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. Butterworth-Heinemann.

Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). *Application of CMMS in Maintenance: A Case Study*. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 1(2), 115-123.

Tsang, A. H. C. (1995). *Condition-Based Maintenance: Tools and Decision Making*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(3), 3-17.

## ANEXOS

Ítem	Nombre	Cantidad	PRECIO
1	Mini chicharra	1	20990
2	Juego de destornilladores	1	22990
3	Multímetro	1	29990
4	Cinta métrica retráctil 5 metros	1	15200
5	Set de destornilladores Perilleros	1	7350
6	Llave ajustable	1	32400
7	Alicate tipo caiman	1	16890
8	Set de llaves allen	1	8490
9	Cautín de potencia ajustable	1	10440
10	Set de 3 alicates	1	8500
11	Aceite 3 en 1	1	2990
12	Alicate universal	1	4900
13	3ra mano para soldar	1	8200
14	Estaño	1	17990
15	Corta Cartón	1	2490
16	Amarra cables	1	10990
17	Masking tape	1	12500
18	MEDIDOR DE POTENCIA	1	389990
19	LLAVE PARA LENTES DE FIBRA OPTICA	1	65341
20	LLAVES ALLEN PEQUEÑAS	1	
21	CAJA DE HERRAMIENTAS		89990
22	Pasta para soldadura	1	5990
23	Cinta aislante	1	2990
24	Alicate saca seguros	0,5	13990
25	Candado	1	12990
26	Pie de metro	1	18000
27	Pela cables	1	6750
28	Llaves punta corona.	1	21990
29	Costos de envió	1	135000

## CÁLCULOS DE TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN (TPR)

### 1. Recopilación de Datos

Se registraron los tiempos de reparación para distintos tipos de mantenimiento (preventivo y correctivo) en múltiples intervenciones. A continuación, se muestran los datos recopilados de cada intervención realizada durante el periodo de análisis.

#### Mantenimiento Preventivo

##### Intervención Tiempo de Reparación (horas)

1	3.0
2	3.5
3	2.9
4	3.4
5	3.2

#### Mantenimiento Correctivo

##### Intervención Tiempo de Reparación (horas)

1	5.0
2	5.5
3	4.8
4	5.3
5	5.1

### 2. Cálculo de Tiempo Promedio de Reparación (TPR)

Para calcular el Tiempo Promedio de Reparación, se utilizó la siguiente fórmula:

$$TPR = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Donde:

- $T_i$  es el tiempo de reparación en cada intervención.
- $n$  es el número total de intervenciones realizadas.

### 3. Cálculo del TPR para Mantenimiento Preventivo

Los tiempos de reparación registrados fueron:

$$T_{\text{preventivo}} = [3.0, 3.5, 2.9, 3.4, 3.2]$$

Aplicando la fórmula:

$$TPR_{\text{preventivo}} = \frac{3.0 + 3.5 + 2.9 + 3.4 + 3.2}{5} = \frac{16.0}{5} = 3.2 \text{ horas}$$

#### 4. Cálculo del TPR para Mantenimiento Correctivo

Los tiempos de reparación registrados fueron:

$$T_{\text{correctivo}} = [5.0, 5.5, 4.8, 5.3, 5.1] \quad T_{\text{correctivo}} = [5.0, 5.5, 4.8, 5.3, 5.1]$$

Aplicando la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{TPR}_{\text{correctivo}} &= 5.0 + 5.5 + 4.8 + 5.3 + 5.1 = 25.75 = 5.1 \text{ horas} \\ \text{TPR}_{\text{correctivo}} &= \frac{5.0 + 5.5 + 4.8 + 5.3 + 5.1}{5} = 5.15 = 5.1 \text{ horas} \end{aligned}$$

#### 5. Resultados

- **Tiempo Promedio de Reparación para Mantenimiento Preventivo:** 3.2 horas.
- **Tiempo Promedio de Reparación para Mantenimiento Correctivo:** 5.1 horas.

Estas cifras muestran el promedio de tiempo empleado para llevar a cabo las reparaciones en las intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente, y pueden utilizarse como referencia para futuras planeaciones de tiempos de intervención.

### CÁLCULOS DE EFICIENCIA DE LA INTERVENCIÓN

#### 1. Recopilación de Datos

Se analizaron los datos de las intervenciones de mantenimiento realizadas durante un periodo de tiempo determinado. A continuación, se muestran los valores recopilados:

Métrica	Valor
Total de Intervenciones	120
Intervenciones Exitosas	115

#### 2. Cálculo de la Eficiencia de la Intervención

La **eficiencia de la intervención** se define como el porcentaje de intervenciones exitosas respecto al total de intervenciones realizadas. La fórmula utilizada para calcular la eficiencia es:

$$\text{Eficiencia}(\%) = \left( \frac{\text{Intervenciones Exitosas}}{\text{Total de Intervenciones}} \right) \times 100$$

Donde:

- **Intervenciones Exitosas** es el número de intervenciones completadas con éxito.
- **Total de Intervenciones** es el número total de intervenciones realizadas.

#### 3. Cálculo de la Eficiencia

Con los valores obtenidos:

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia}(\%) &= \left( \frac{115}{120} \right) \times 100 = 0.9583 \times 100 = 95.8\% \\ \text{Eficiencia}(\%) &= \left( \frac{115}{120} \right) \times 100 = 0.9583 \times 100 = 95.8\% \end{aligned}$$

#### 4. Resultado

- **Eficiencia de la Intervención:** 95.8%

Este cálculo muestra que el 95.8% de las intervenciones realizadas fueron exitosas, lo que refleja un alto nivel de efectividad en la ejecución de los mantenimientos.