

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

QUE PRESENTA:

NORA ANISOL VELAZQUEZ MORALES

CON EL TEMA:

“Elaboración de un manual de mantenimiento de una celda robótica de tecnologías de corte láser y soldadura, con base en un análisis RAMS y AMEF, en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial”

MEDIANTE:

OPCION T.I
(Titulación integral)

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

ABRIL 2013

SEP



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas., 19 DE MARZO 2013

OFICIO DEP-CT-30-2013

C. NORA ANISOL VELAZQUEZ MORALES
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la liberación del informe técnico del proyecto denominado:

**"ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO DE UNA CELDA ROBÓTICA DE
TECNOLOGÍAS DE CORTE LÁSER Y SOLDADURA, CON BASE EN UN ANÁLISIS RAMS Y AMEF, EN
EL CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL"**

Y en cumplimiento con los requisitos normativos para obtener el Título Profesional, comunico a Usted que se **AUTORIZA** la impresión del Trabajo Profesional.

Sin otro particular quedo de usted reiterándole mis más finas atenciones.

A T E N T A M E N T E
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"


M.I. APOLINAR PÉREZ LÓPEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.
C.c.p. - Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. - Expediente
MAPL/leam
|



www.itg.edu.mx



Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Caracterización del problema	3
1.1 Antecedentes del Problema	4
1.2 Definición del problema.....	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación	5
1.5 Delimitaciones.....	6
1.6 Impactos	6
1.6.1 Social	6
1.6.2 Ambiental	6
Capítulo 2. Caracterización de la Empresa	7
2.1 Razón social	8
2.2 Antecedentes de la empresa.....	8
2.3 Descripción de la Empresa	9
2.3.1 Misión	9
2.3.2 Visión	9
2.3.3 Valores	10
2.4 Ubicación de la Empresa	10
2.5 Micro localización.....	11
2.6 Estructura organizacional.....	11
2.7 Distribución de planta.....	13
2.8 Productos o servicios del área sistemas mecánicos.....	14
Capítulo 3. Fundamento teórico	17
3.1 Confiabilidad	18
3.1.1 Concepto de confiabilidad.....	18
3.1.2 Fases para la estimación de la confiabilidad de un sistema, producto o proceso	19
3.1.3 Ciclo de vida de producto y proceso	20
3.1.4 Parámetros de confiabilidad	21
3.1.5 Fallas catastróficas y los fracasos de degradación y otras fallas	22
3.1.6 Definición de la función de la confiabilidad	28
3.2 Disponibilidad	29
3.2.1 Concepto de disponibilidad	29
3.2.2 Expresión matemática de disponibilidad	31
3.3 Mantenibilidad.....	32
3.3.1 Concepto de mantenibilidad	32

3.3.2 Elementos de un programa de mantenibilidad	33
3.3.3 Análisis y predicción de la mantenibilidad	35
3.4 Seguridad	37
3.4.1 Concepto de seguridad	37
3.4.2 Causas de riesgos laborales	37
3.4.3 Requisitos esenciales de seguridad.....	38
3.5 Origen análisis RAMS	40
3.6 Concepto análisis RAMS.....	41
3.7 Objetivos y beneficios del análisis RAMS.....	42
3.8 Análisis y modo de efecto de fallas	44
3.8.1 Propósitos del análisis de modo y efecto de falla	44
3.8.2 Características del AMEF	44
3.8.3 Marco de referencia AMEF	45
3.8.4 Pasos del AMEF.....	45
3.8.5 Elementos a considerar en el inicio de un AMEF de diseño	46
3.8.6 Árbol de fallas	47
Capítulo 4. Metodología del proyecto.....	51
4.1 Metodología del proyecto	57
4.2 Reconocimiento de la máquina y proceso	57
4.2.1 Búsqueda de información	57
4.2.2 Definición de elementos de la celda robótica	57
4.2.3 Definición de subsistemas de la celda robótica.....	59
4.2.3.1 Estructura	59
4.2.3.2 Cabezales	59
4.2.3.3 Estructuras TIG y CMT.....	60
4.2.3.4 Herramientales brazing	61
4.2.3.5 Herramientales de corte	61
4.2.3.6 Mesa indexadora.....	62
4.2.3.7 Estación dosificado	62
4.3 Definición del sistema máquina.....	63
Capítulo 5. Implementación de la metodología	65
5.1 Aplicación del análisis de modo y efecto de falla para elaboración del manual ...	66
5.2 Análisis de modo y efecto de falla y su criticidad	66
5.2.1 Detección de fallas potenciales	67
5.2.2 Causas de las fallas y su detección	71
5.2.3 Calificación crítica	76
5.2.4 Prevención de las fallas y acciones recomendadas	76
5.2.5 Análisis de confiabilidad	80
5.2.6 Elaboración del programa de mantenimiento	80
Capítulo 6. Resultados	84
6.1 Resultados de la metodología aplicada	84

6.1.1 Manual de mantenimiento de la celda robótica	84
6.1.2 Seguridad de la celda robótica	84
Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones	86
7.1 Conclusiones	87
7.2 Recomendaciones	87
Fuentes de información	
Anexos	
Glosario de términos	

Índice de figuras

Figura 2.1 Ubicación del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	10
Figura 2.2. Microlocalización de Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	11
Figura 2.3. Organigrama de Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	12
Figura 2.4. Distribución de planta de Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.	13
Figura 3.1 Representación de los parámetros de la confiabilidad	22
Figura 3.2 Ciclo típico de un mantenimiento	36
Figura 3.3 Ejemplo de diagrama de árbol	48
Figura 4.1 Etapas de la metodología del proyecto	52
Figura 4.2 Celda robótica	58
Figura 4.3 Clasificación del subsistema estructura	59
Figura 4.4 Clasificación del subsistema cabezales	60
Figura 4.5 Clasificación del subsistema estructura TIG y CMT	60
Figura 4.6 Clasificación del subsistema herramental Brazing	61
Figura 4.7 Clasificación del subsistema herramental de corte	61
Figura 4.8 Clasificación del subsistema mesa indexadora	62
Figura 4.9 Clasificación del subsistema dosificado	62
Figura 5.1 Diagrama de proceso en la celda robótica	67
Figura 5.2 Árbol de fallas de cabezales	68
Figura 5.3 Árbol de fallas herramental brazing	69
Figura 5.4 Árbol de fallas herramental brazing	69
Figura 5.5 Árbol de fallas herramental corte	70
Figura 5.6 Árbol de fallas mesa indexadora	71

Índice de tablas

Tabla 3.1 Tipos de fallas	23
Tabla 3.2 Símbolos para la construcción de árbol de fallas	49
Tabla 4.1 Formato para lista de partes mecánicas	63
Tabla 4.2 Formato para lista de componentes comerciales	64
Tabla 5.1 Formato para registro de Causas de fallas y su detección	72
Tabla 5.2 Causas de fallas y detección de engrane abierto	72
Tabla 5.3 Causas de fallas y detección del herramental brazing	73
Tabla 5.4 Causas de fallas y detección del herramental brazing	73
Tabla 5.5 Causas de fallas y detección del herramental de corte	74
Tabla 5.6 Causas de fallas y detección del sistema de engranaje	74
Tabla 5.7 Causas de fallas y detección del sistema mesa indexadora	75
Tabla 5.8 Causas de fallas y detección del sistema cabezales	76
Tabla 5.9. Calificación crítica para las fallas potenciales	76
Tabla 5.10 Tabla de prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la Celda robótica	77
Tabla 5.11 Lista de piezas de recambio	80

Resumen

El objetivo principal de este proyecto fue elaborar un manual de mantenimiento con base al análisis AMEF y RAMS de un producto, en este caso de la celda robótica de tecnologías de corte laser y soldadura para una empresa de giro industrial, ya que el uso de herramientas de calidad aplicadas al diseño permite reducir costos de fabricación y desarrollar diseños robustos, así como proporcionar al cliente las bases para mantener un equipo en buenas condiciones. Se presenta un análisis de modo y efecto de fallas de la máquina, tomando en cuenta las fallas potenciales, los efectos y las causas de estas fallas, de la misma manera se proponen acciones de prevención y recomendaciones, para conservar su vida útil. Los beneficios obtenidos son tanto para la empresa como para los clientes, mediante la ejecución de estos análisis se logra reducir y reemplazar el mantenimiento por reparación por el mantenimiento predictivo, estos se fundamentan en el empleo de herramientas de calidad y diagramas para su estructuración y logro de objetivos, así como la interacción entre los conceptos que se emplean, se presenta así el desarrollo de la metodología mediante una clasificación de la celda robótica en subsistemas de acuerdo al diseño y operación.

Introducción

El uso de técnicas de calidad aplicadas al diseño permite a las empresas reducir costos de fabricación y desarrollar diseños robustos, además de proporcionar al cliente las bases para mantener un equipo en buenas condiciones y genere satisfacción tanto para el fabricante como para el usuario.

La importancia del análisis de confiabilidad, se halla en el pronóstico para un periodo determinado de tiempo de disponibilidad de los componentes de la máquina, la mantenibilidad se centra en acciones preventivas para reducir las vulnerabilidades y amenazas en la operación, ofreciendo un producto que cumpla con las necesidades finales del usuario y asegure su correcto funcionamiento; por este motivo se mencionan los conceptos en conjunto, los cuales a su vez son apoyados por otras herramientas.

El presente documento contiene el desarrollo del proyecto: Elaboración de un manual de mantenimiento de una celda robótica de tecnologías láser y soldadura, con base en un análisis RAMS, por sus siglas en inglés reliability, availability, maintainability y safety (confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad) y AMEF por sus siglas en inglés failure mode, effects analysis (análisis de modo y efecto de falla), en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, el cuerpo de esta investigación consta de siete capítulos, cada uno contiene una parte importante del trabajo.

En el primer capítulo se encuentra la caracterización del proyecto, en él se plasman las ideas principales, los objetivos que se desean alcanzar y el entorno en el que se realiza el presente proyecto. El segundo capítulo detalla los antecedentes de la empresa y generalidades de la misma.

El tercer capítulo consiste en la descripción de los métodos aplicados durante el proyecto, en él se encuentran temas relevantes como el análisis RAMS, análisis de modo y efecto de fallas, árbol de fallas, estos de forma general.

En el capítulo cuatro se narra la metodología empleada para la realización del proyecto, así como el desarrollo de cada una de las fases, comenzando con el reconocimiento de la máquina y procedimientos de la empresa, definición del sistema, análisis y recolección de información; y por último la documentación y elaboración del manual.

En el quinto capítulo se realiza el desarrollo de las propuestas que se pretenden implementar para la elaboración del manual de mantenimiento de la celda robótica, en las cuales se proponen formatos y actividades para el diagnóstico de las fallas.

En el sexto capítulo se presentan los resultados de la implementación de las propuestas, así también se enumeran tablas con información de cada subsistema de la celda robótica.

Finalmente, en el séptimo capítulo se encuentran las conclusiones del proyecto y recomendaciones que se le hace a la empresa para lograr resultados eficientes sobre los análisis realizados.

Capítulo 1
Caracterización del problema

1.1 Antecedentes del problema

En la actualidad cada vez los requerimientos del cliente son cambiantes y se hace necesario analizarlos con base a herramientas de calidad, que demuestren la confiabilidad de los productos o procesos, por ello el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial es una organización comprometida con el cliente en la documentación pertinente para evidenciar la calidad de cada producto ofrecido.

En específico, en el área de sistemas mecánicos se diseñan maquinarias y herramientas según los requerimientos del cliente, pero es importante mencionar que para el diseño y fabricación de la celda robótica no se realizó el FMECA, por sus siglas en inglés Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (análisis de modo y efecto de fallas y su criticidad), previo al ensamblaje o prueba, el cual se realiza a la par del diseño, haciendo necesario la realización de los análisis y elaboración de documentación una vez terminada la celda robótica y comprobar su funcionalidad y calidad.

El aspecto de importancia de los documentos obtenidos de este proyecto, es el de familiarizar al usuario final con la celda robótica, conozca su operación adecuada y adquiera el conocimiento para detectar las fallas que se presenten y actúe de forma eficiente y segura para restablecer su capacidad operativa inicial.

1.2 Definición del problema

La celda robótica presenta riesgos que limitan la seguridad en su funcionamiento, debido a fallas potenciales en componentes, al ambiente en el que opera y a la operación inadecuada.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un manual de mantenimiento de una celda robótica que indique la confiabilidad, funcionalidad, mantenibilidad y seguridad de sus componentes, utilizando el análisis RAMS y AMEF, en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar subsistemas y componentes de la celda robótica.
- Identificar las causas, detección y prevención de las fallas potenciales.
- Elaborar lista de componentes y partes mecanizadas para el inventario de mantenimiento.
- Reducir la frecuencia de interrupciones en la producción causadas por fallos, mejorando la confiabilidad de la celda robótica.
- Reducir el costo total de mantenimiento, reemplazando costo de mantenimiento preventivo en lugar de costo por reparaciones.

1.4 Justificación

El departamento de sistemas mecánicos desea verificar la confiabilidad del equipo, razón por la cual es necesario utilizar herramientas que aseguren que los productos ofrecidos por el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial cumplan con los requerimientos del cliente.

Por medio de la propuesta se ofrece la máquina con las medidas para conservar las características óptimas de funcionamiento de la máquina y reducir gastos de mantenimiento y riesgos al operador.

La celda robótica se entrega al cliente con los documentos necesarios evidenciando la confiabilidad, reduciendo costos por mantenimiento y paros por fallas.

1.5 Delimitación

El proyecto se realiza en el área de sistemas mecánicos de las instalaciones del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (**CIDESI**), ubicado en Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro.

Las principales limitaciones que se encuentran en el desarrollo del proyecto son:

- El tiempo asignado para revisión y pruebas de funcionamiento mecánico.
- La presión de cliente en la entrega de celda robótica antes de lo previsto.
- Falta de tiempo para revisión del FMECA por parte de diseñadores y encargado de taller.

1.6 Impactos

1.6.1 social

Se mejoran las relaciones de trabajo involucrando al personal en las actividades a realizar, proporcionando la información necesaria para cada responsable, evitando confusiones y malos entendidos en las tareas a realizar.

1.6.2 Ambiental

Se logra una mayor duración de los componentes o refacciones, evitando el deshecho de piezas en un periodo de tiempo corto.

Capítulo 2
Caracterización de la empresa

2.1 Razón social

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (**CIDESI**).

2.2 Antecedentes de la empresa

Derivado de la devaluación económica que sufrió el país en el año de 1982, la adquisición de tecnología extranjera se hizo cada vez más difícil en México, lo que propició la creación de centros nacionales para el desarrollo del país.

En este contexto un grupo de profesionistas del sector educativo, industrial y de la propia SEIT (encabezada por el Dr. Jorge Fonseca García y por indicaciones del entonces Subsecretario Dr. Manuel V. Ortega Ortega); realizan en forma visionaria en 1984 el anteproyecto para la creación de CIDESI, creado por decreto presidencial del Lic. Miguel de la Madrid Hurtado.

El 7 de marzo de 1984 y publicado en el diario oficial de la federación el día 9 del mismo mes, bajo la figura de Órgano Desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública teniendo por objeto la producción, adquisición, adecuación, transferencia y comercialización de bienes y servicios tecnológicos para el desarrollo del país, con el encargo de propiciar la vinculación de la industria nacional con las instituciones del sistema de educación tecnológica.

Debido al programa descentralización de la Administración Pública Federal de 1987, el Secretario de Educación Pública, comunica al entonces al director de CIDESI que la nueva sede del Centro sería en la ciudad de Querétaro, iniciando el traslado a las oficinas provisionales en la colonia Carretas y el Centro Histórico; en el mismo año se inicia la primera etapa de la construcción de las instalaciones en el terreno donado por el Gobierno Estatal, en la Col. Desarrollo San Pablo.

Desde su creación en 1984 CIDESI ha experimentado una serie de modificaciones y cambios tanto en su estructura administrativa, organizacional y funcional:

- 9 de Marzo de 1984: Decreto Presidencial, órgano desconcentrado de la SEP.
- 15 de Enero de 1987: Se establece en Querétaro, Querétaro.
- 10 de Mayo de 1999: Nuevo Decreto Presidencial: Órgano descentralizado de la Administración Pública Federal.
- 30 de Agosto de 2000: Se estructura el centro con nuevas funciones.
- 11 de septiembre de 2000: Acuerdo por el cual se reconoce a CIDESI, como Centro Público de Investigación.
- 4 de junio de 2002: Se reformó y adicionó la Ley Federal de las Entidades Paraestatales.
- 14 de abril de 2003: Se resectorizan las entidades paraestatales que conforman el sistema de Centros Públicos CONACYT.
- 11 de octubre de 2006: Fue reestructurado como Organismo Descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

2.3 Descripción de la empresa

2.3.1 Misión

Generar valor en las empresas orientadas a la transformación, contribuyendo al incremento de su competitividad mediante el desarrollo y aplicación de conocimiento relevante y pertinente, con personal altamente calificado y estándares de clase mundial.

2.3.2 Visión

CIDESI es una institución de clase mundial, autosuficiente con amplia cobertura nacional e internacional que cuenta con personal altamente capacitado

comprometido, con vocación de servicio al cliente, ofreciendo productos de alto impacto.

La operación se lleva a cabo en instalaciones en el estado del arte con los sistemas más avanzados tanto de diseño como de control de la operación, participando en redes de innovación tecnológica nacionales e internacionales y con alianzas estratégicas efectivas, tanto en investigación y desarrollo como en formación de recursos humanos, lo que le permite mantener la temática de su operación especializada con estándares de alta calidad.

2.3.3 Valores

- Honestidad
- Confidencialidad
- Lealtad y veracidad
- Responsabilidad y disciplina
- Respeto y trabajo en equipo.

2.4 Ubicación de la empresa

El Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI); está ubicado en Santiago de Querétaro, Querétaro como se muestra en la **figura 2.1**.

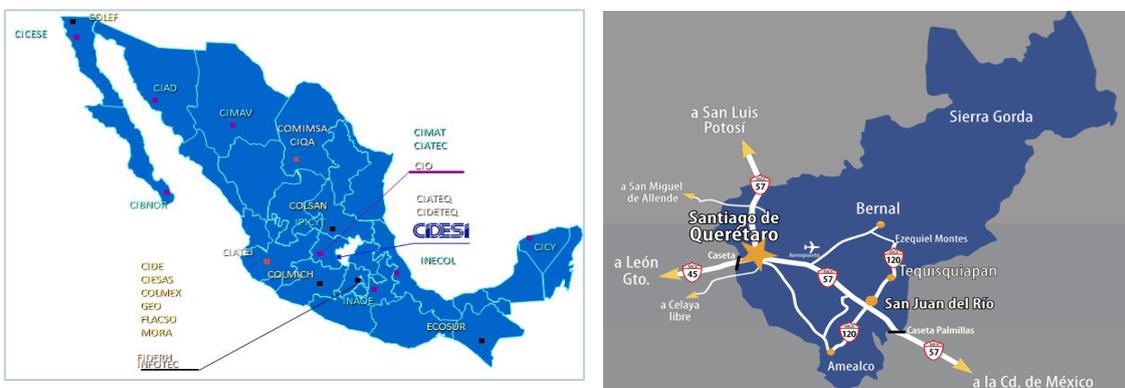


Figura 2.1 Ubicación del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), sede Querétaro.
(Fuente: <http://www.buscaenqueretaro.com.mx/>)

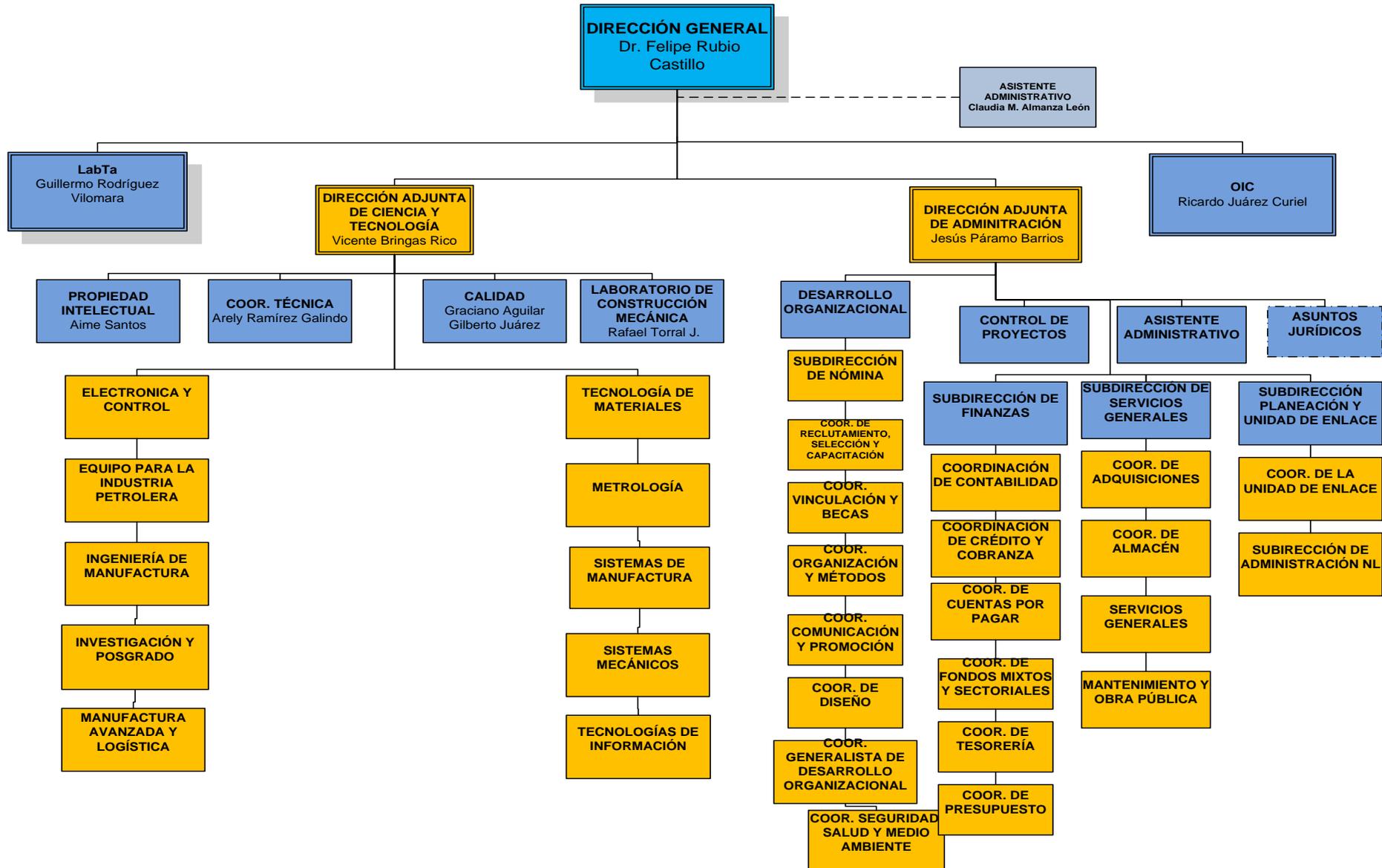


Figura 2.3 Organigrama del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI).
(Fuente: Datos de la organización)

2.7 Distribución de planta

La empresa se divide físicamente en departamentos, edificios y talleres como se muestra en la **figura 2.4**.

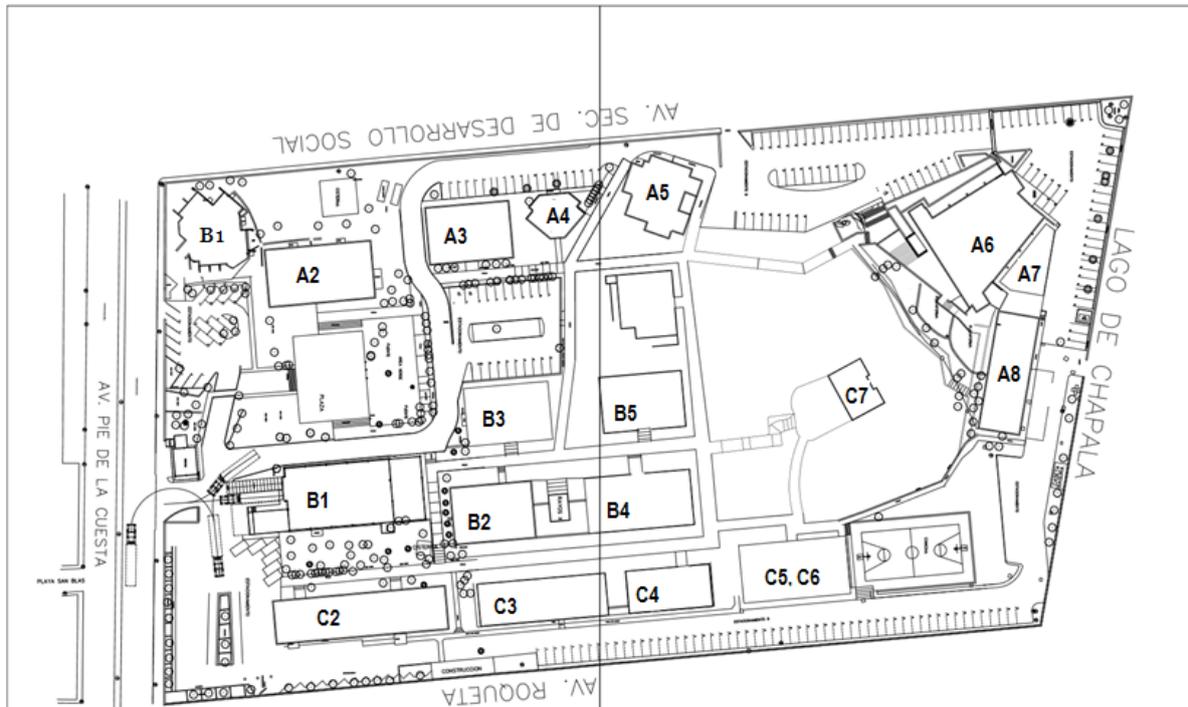


Figura 2.4 Distribución de planta de Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial
(Fuente: información Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial).

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| A1. Edificio Picyt | B4. Rayos x |
| A2. Edificio 1 | B5. Edificio |
| A3. Edificio 2 | C2. Edificio |
| A4. Dirección general | C3. Edificio |
| A5. Edificio | C4. Edificio |
| A6. Laboratorio Mecatrónica | C5. Edificio |
| B1. Taller | C6. Edificio |
| B2. Edificio | C7. Cafetería |
| B3. Edificio | |

2.8 Productos o servicios del área de sistemas mecánicos

Los productos o servicios ofertado por CIDESI dependen del departamento que se requiera, por tal motivo para objetivo de este proyecto solo se mencionan los pertenecientes al departamento de sistemas mecánicos.

Los cuales son productos o servicios de proyectos que incluyen diseño, fabricación, instalación y puesta a punto de líneas de ensamble, equipos de pruebas y equipos especiales incluyendo análisis, simulación y optimización de sistemas mecánicos, así como los estudios de confiabilidad, ergonomía, antropometría y seguridad para garantizar la operación confiable y segura de soluciones.

Líneas de ensamble

- Estaciones automáticas
- Estaciones semi-automáticas
- Líneas de manufactura flexible
- Fixtures.

Transporte y manipulación

- Sistemas de transporte tipo paletizado, conveyor continuo, automático y semiautomático.
- Sistemas transfer
- Sistemas de manipulación y transferencia pick and place y con robots
- Posicionamiento e indexado.

Pruebas e inspección

- Equipos para laboratorios industriales y de desarrollo del producto
- Equipos para prueba e inspección directo en la línea de producción automático y semiautomático.

Equipos especiales

- Para operaciones especiales de mecanizado como taladrado, roscado, esmerilado, rectificado, entre otras.

- Para operaciones especiales de ensamble como engargolado, remachado, soldado, entre otras.
- Equipos especiales para procesos industriales específicos
- Sistemas mecatrónicos complejos para instrumentación científica en telescopios y en la industria en general.
- Sistemas criogénicos
- Colaboración inter-institucional en la instrumentación científica para telescopios, instituto de astronomía de la UNAM, IA-UNAM.

El desarrollo de las líneas y equipos incluyen:

- Análisis computacional y verificación experimental de los productos durante el proceso de ensamble.
- Análisis computacional y verificación experimental de equipo y maquinaria durante su operación.
- Análisis termográfico y por técnicas experimentales del producto y los equipos de producción.
- Ingeniería industrial orientada a optimización de procesos de producción.

Dirigido a:

Industria automotriz y auto partes, aeroespacial, electrodomésticos, farmacéutica, minería y de alimentos.

Estampado y troquelado

- Diseño de prensas tipo eslabón e hidráulicas
- Diseño de periféricos de prensa y sistemas de cambio rápido de serie
- Diseño de herramientas mono proceso
- Diseño de herramientas compuestas
- Diseño de herramientas progresivos
- Automatización del trabajo de prensa
- Consultoría en cálculo de procesos de estampado
- Consultoría en análisis y mejora de procesos de estampado.

Dirigido a:

Industria automotriz, auto partes y electrodomésticos.

2.9 Principales clientes

- Pemex refinación
- Pemex exploración y producción
- Comisión federal de electricidad
- Bombardier aerospace México
- Messier services americas
- Grupo Valeo
- General Motors de México
- Procuraduría federal del consumidor
- Mabe de México
- Tamsa Tenaris Group
- Viakable
- Tremec
- Enco
- Secretaría de salud
- TRW sistemas de direcciones
- Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma
- Gas express Nieto
- Asa
- Mission Hills
- Robert Bosch sistemas de frenos
- Cummins
- Procter & Gamble manufactura
- Sigma alimentos noreste
- Pilgrim's Pride
- Herdez
- Industrias Acros Whirlpool
- Mc Cormick de México
- Bimbo
- Volkswagen de México
- Liconsa
- Kimberly Clark de México
- Hi-lex Mexicana
- Cementos Apasco
- Kellogg de México
- Daewoo electronics home appliance
- Metalsa
- Nihon plast Mexicana
- Samsung electronics México
- Siemens
- Cervecería Modelo
- Canhefern
- Campbell's de México
- Cemex México
- Bayer de México
- Altos hornos de México
- CGR de México
- Vidriera Monterrey

Capítulo 3
Fundamento teórico

3.1 Confiabilidad

3.1.1 Concepto de confiabilidad

La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado, durante el período de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dadas, es una medida que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento y ayuda en el momento de seleccionar un equipo entre varias alternativas (Frederick Rudolph, 2009).

Por otro lado, Escalante (2006), menciona que la confiabilidad es la probabilidad de que el producto funcione bajo condiciones establecidas, por un periodo determinado, destacando tres características importantes:

1. Funcionamiento: el cual se refiere a que el producto opere de manera satisfactoriamente cada vez que se requiera.
2. Condiciones establecidas, es decir, muchos productos no funcionan en condiciones extremas.
3. Tiempo determinado, que significa que el producto no tendrá duración eterna.

En conclusión con estas características la definición de confiabilidad se delimita el funcionamiento de un producto con base a un marco de referencia realista.

Según Acuña (2003), menciona que la aplicación de la confiabilidad a la ingeniería de productos y procesos ha demostrado excelentes resultados como medio para anticipar fallas de operación.

El desarrollo de pruebas de campo, acompañados de análisis de fallas y sus correspondientes probabilidades de ocurrencia ofrecen una excelente alternativa para desarrollar productos robustos y capaces de fabricarlos, considerando como producto en este contexto a todo bien manufacturado y que cumple una función específica para un usuario, aunado a esto también se requiere que estos productos tengan un rendimiento sin falla por un tiempo suficiente que satisfaga las expectativas de cliente.

Es importante mencionar el concepto de confiabilidad ya que es un elemento fundamental en este documento, mismo que es la probabilidad de que una unidad de producto se desempeñe satisfactoriamente con su función, durante un periodo de tiempo diseñado y bajo condiciones previamente especificados.

En el concepto anterior hay tres puntos que vale la pena especificar, en primera instancia la probabilidad, que es un resultado numérico de un evento aleatorio, para el cual se conocen o no se conocen sus causas y que deben ser de una magnitud comprendida entre cero y uno; periodo diseñado, significa que el funcionamiento del producto no es para siempre, sino que es hasta que se logre un nivel de satisfacción adecuado en el cliente y finalmente condiciones previamente especificadas, que significa que el proceso no se desarrolla bajo cualquier condición, sino bajo aquellas establecidas en el diseño y descritas muy claramente en el instructivo de uso y vida útil de producto.

3.1.2 Fases para la estimación de la confiabilidad de un sistema, producto o proceso.

1. Definición de objetivos y requerimientos de confiabilidad del producto o proceso: en esta fase se necesita la participación de un equipo multidisciplinario en el que interviene la voz del cliente captada por el mercado

y el de ingeniería, en que se consideran las limitaciones tecnológicas e ingenieriles de materiales y máquinas.

2. Desagregación del producto o proceso en componentes y estimación de confiabilidad para cada uno de esos componentes: el producto o proceso se divide en sus componentes y estos, a su vez, en sus partes, con el fin de determinar a nivel micro el valor de la confiabilidad de cada una de ellas, en esta fase se utilizan diagramas de bloques y diagramas Gozinto, también llamados diagramas de ensamble por sus siglas en inglés goes into “entrar en”, para realizar una desagregación ordenada en la que no se dejen perdidos componentes esenciales del producto o proceso.
3. Predicción de la confiabilidad del producto con base en la confiabilidad de sus componentes: la combinación de las confiabilidades de todos los componentes da origen al valor de confiabilidad del producto o proceso como un todo, para esta estimación se utiliza la teoría de probabilidades.
4. Análisis del producto o proceso con el fin de determinar fortalezas y debilidades y aprovechar nuevas oportunidades de mejoramiento, una vez determinada la confiabilidad del producto o proceso durante su diseño, se estudian las fallas del producto durante la manufactura y a través de su vida útil, ya que son aspectos para mejorar el comportamiento de los productos (Acuña Acuña, 2003).

3.1.3 Ciclo de vida de producto y proceso

Para el análisis de la confiabilidad este análisis es importante considerar el ciclo de vida del producto, pues es la forma más clara de establecer valores de confiabilidad que satisfagan las expectativas del cliente, este ciclo está definido por cuatro etapas:

1. Definición y diseño conceptual: esta es una actividad de equipo, en los cuales se estudian a fondo los requerimientos del cliente y junto con las características de proceso y producto se desarrolla un diseño conceptual que es manufacturable.
2. Desarrollo y diseño detallado: una vez que el diseño conceptual ha sido probado y ha demostrado ser adecuado, se continúa con el diseño detallado, que considera detalles sobre recursos de producción requeridos y hace mejoras con base en los resultados de las pruebas efectuadas en el diseño conceptual.
3. Construcción, manufactura o ambos: esta es la producción masiva del producto, donde se generan algunas fallas que deben ser corregidas sobre la marcha. Debe recordarse que no son iguales las fallas que ocurren en pruebas no son las mismas que ocurren el campo, cuando el producto es expuesto al verdadero ambiente de vida útil.
4. Operación: el producto ya está en manos del cliente y ha sido expuesto a prueba, se debe establecer una estrategia para recolectar quejas del cliente, que son valiosas para mejorar las características ingenieriles y funcionales del producto.

3.1.4 Parámetros de la confiabilidad

El rendimiento de la confiabilidad de un producto depende de que su comportamiento sea cíclico o dependiente del tiempo, así como del tipo de misión, si es única o cíclica o si es finita continua en la **figura 3.1** se representa una clasificación de los parámetros de confiabilidad.

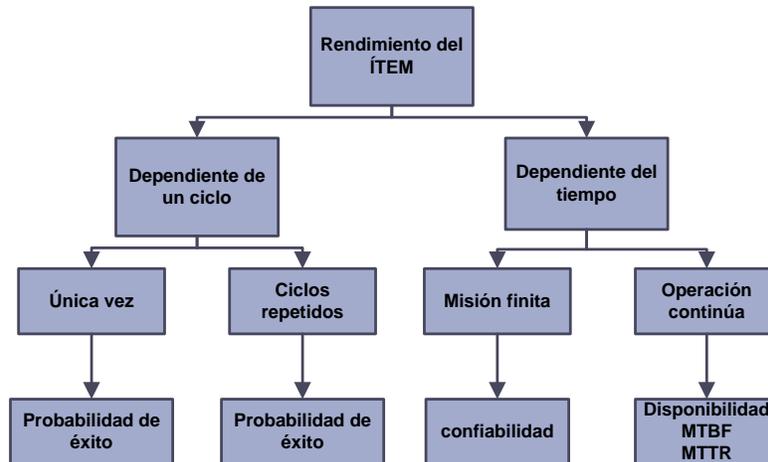


Figura 3.1. Representación de los parámetros de la confiabilidad (Fuente: Acuña Jorge, 2003).

- Cuando el rendimiento es dependiente de un ciclo y se presenta por única vez, se basa en la probabilidad de que el sistema rinda con éxito esa primera vez, pues es la única.
- Cuando el rendimiento es dependiente de un ciclo y se presenta en ciclos repetidos, esa probabilidad de éxito se da pero en cada uno de esos ciclos, en este caso la probabilidad se obtiene dividiendo el número de éxitos totales en todos los ciclos entre el número de éxitos más el número de fracasos.
- Si el rendimiento es dependiente del tiempo y la misión es finita, se da una condición de confiabilidad con el tiempo finito, o sea que hay un inicio y un final.

En el caso de sistemas que operan continuamente, el rendimiento se mide permanente en el tiempo, aunque su cálculo no es tan sencillo.

3.1.5 Fallas catastróficas y los fracasos de degradación y otras fallas

K. K. Aggarwal (1993:10) menciona que cuando la capacidad de un elemento para realizar la función requerida se termina, se dice que el componente ha fallado.

Cuando la falla, es un término mal definido, se hace referencias cruzadas de algunos de los tipos más importantes de fallas por medio de una tabla de contingencia ver **tabla 3.1**.

Tipos de fallas

Tabla 3.1 Tipos de fallas
(Fuente: K. K. Aggarwal, 1993)

	<p>Fallas repentinas: las fallas que no pudieron ser previstos por el examen previo. (Fallas repentinas son similares a las fallas aleatorias. Unas fallas aleatorias alguna falla cuyo tiempo de ocurrencia imprevisible).</p>	<p>Fallas graduales: fallas que son anticipados por un examen previo</p>
<p>Fallas completas: fallas que pudieran producirse desviaciones en la característica (s) más allá de los límites especificados.</p>	<p>Fallas catastróficas: Las fallas que son repentinos y completos.</p>	<p>Esta situación es el resultado final cuando se producen errores de degradación se deja desatendido.</p>
<p>Fracasos parciales: fallas que pudieran producirse desviaciones en la característica (s) más allá de los límites especificados, pero no como para causar la falta completa de la función requerida.</p>	<p>Se define fallas marginales como fracasos que se observan en el tiempo $t = 0$, cuando el artículo ha sido terminado. Fallas repentinas y parciales rara vez se ven más adelante en la vida de un artículo.</p>	<p>Fallas de degradación: fallas que son a la vez gradual y parcial.</p>

Una falla es completa o parcial, dependiendo de cómo sea la falta completa de la función requerida; Si se sigue un punto particular en el tiempo tal y como funciona y falla, finalmente veremos que se produce un error de dos maneras, por una falla catastrófica o por una falla de la degradación.

Fallas catastróficas se caracterizan por ser completa y repentina, completa en el sentido de que el cambio en la salida es tan grave como para provocar la falta

completa de la función requerida, y repentino en el sentido de que la falla no se era previsible. Por ejemplo, a nivel del sistema el caso de la ganancia de un amplificador de repente va a cero, sería una falla catastrófica.

Fallas de degradación: a menudo llamados fallas de deriva, requieren mayor categorización. Se distinguen entre la deriva monotónica y no monotónica. Deriva monotónica, se caracteriza por una variable de salida que varía continuamente en la misma dirección, en algún punto en el tiempo el valor de la salida se cruza una de las limitaciones, dando lugar a una falla. No monótona de deriva, se caracteriza por ambas excursiones positivas y negativas de una variable de salida.

Por otro lado Cesáreo Gómez (1998), clasifica las fallas atendiendo a diferentes criterios:

Atendiendo al modo de aparición y desarrollo, la falla es:

- **Progresivo:** también llamado gradual o paramétrico, este tipo de falla es consecuencia, generalmente, del deterioro o de la pérdida progresiva de las características propias de algún componente, o conjunto de componentes del sistema.

La consecuencia inmediata de este tipo de fallas es la modificación en el estado o valor de ciertos parámetros. Si dichos parámetros son susceptibles de ser observados o medidos, esto constituirá la manifestación fehaciente de la existencia de la falla. En tanto no se haya provocado aun el colapso del equipo, lo más frecuente es referirse a este tipo de falla con el término de defecto, algunos ejemplos son: la desalineación de ejes de máquinas acopladas, el desequilibrio rotórico, el desgaste de las pistas de un rodamiento.

- **Repentino:** también llamado súbito, cuando la evolución hacia la falla no es detectado de ninguna manera, por lo que cuando esto sucede, generalmente lo hace de manera inesperada, las causas son de distinta índole, pero muchas tienen un carácter aleatorio (por ejemplo: descargas eléctricas, obturaciones, efectos indirectos de otra falla, errores humanos). Una parte importante de estas fallas suelen deberse al desgaste o a la fatiga de elementos no visibles y generalmente estáticos (grietas en la carcasa, rotura de muelles entre otros).

En otros casos, la causa es un defecto inicial del elemento, ya sea por error de fabricación o por un montaje incorrecto (impurezas en el material, fractura no visible, debilidad estructural, tratamiento térmico incorrecto, entre otros). Estas fallas son evitadas si se cuenta con una previsión de la vida útil de los componentes, o bien mediante un examen riguroso del sistema.

Atendiendo a la dimensión de la falla o a su efecto sobre el proceso:

- **Parcial:** también llamado incompleto, en aquellos casos en los que la aparición de fallas no supone la parada del equipo o del proceso afectado, aunque si afecta a las características funcionales del proceso, condiciona su régimen funcional, disminuye la seguridad operativa o merma su capacidad productiva.
- **Total:** también llamado completo, una falla de este tipo provoca la parada inmediata del sistema afectado, es sin lugar a dudas, el tipo de falla que debe evitarse, las consecuencias de esta falla, son entre ellas; la sustitución del elemento causante, sin otro daño adicional para el equipo ni para el sistema productivo (salvo el tiempo necesario para la reparación y puesta en funcionamiento); hasta la destrucción del equipo haciéndolo inservible, y por

lo tanto siendo inútil pretender su reparación, en este último caso el falla también se llama catastrófico.

Si la falla total fuera repentina se le denomina catastrófico, en este caso, dependiendo de las características del proceso, las pérdidas producidas también son consecuencia de la parada de sí misma y no de la rotura del equipo.

Conviene destacar que cualquier defecto en un sistema, si no es subsanado, conduce finalmente a una falla total, ya sea directamente, como consecuencia de la evolución del defecto, o indirectamente, debido a la sucesión de efectos derivados.

Atendiendo al momento en que se produce la falla es:

- **Infantil.** También llamado falla en periodo de prueba o falla en periodo de rodaje. Suele ser debido a imperfecciones constructivas en algún elemento, a un ensamblaje defectuoso de los componentes del equipo, a un montaje incorrecto del equipo o a un uso inapropiado de del mismo, generalmente por sobrepasar las especificaciones funcionales del diseño.
- **Por envejecimiento:** también denominado por desgaste o por final de vida útil, este tipo de falla no debe producirse de manera inesperada, puesto que es consecuencia del deterioro progresivo y natural de los distintos componentes del sistema.

Según el régimen funcional del equipo y sus características del diseño, para cada componente deberá estimarse su periodo de vida útil, transcurrida el cual, el elemento se tenga que remplazar.

- **Aleatoria:** es aquella falla que no es consecuencia directa del desgaste o envejecimiento natural de los materiales, ni se achaca a otras causas previsibles, si no que se produce al azar, su aparición no se prevé mediante modelos estadísticos.

Atendiendo a la duración de la falla:

- **Estable:** En aquellos casos en los que, una vez que ha aparecido, la falla sólo se elimina procediendo a la reparación del sistema. A este tipo de fallas cuando afecta a la capacidad de trabajo del equipo, se le denomina avería.
- **Pasajero:** también llamado temporal, generalmente tiene un origen de carácter aleatorio. Una vez concluida la causa que originó la falla, éste desaparece por sí solo, sin necesidad de reparación de ninguna clase. Algunas causas de este tipo de fallas se encuentran en las vibraciones inducidas por otros equipos, regímenes transitorios inhabituales, obturaciones o depósitos pasajeros, entre otros.
- **Intermitente:** generalmente vienen asociados con ciertas características repetitivas en el proceso, tales como alteraciones del régimen funcional, regímenes transitorios, cambios de temperatura entre otros. La identificación de su origen no siempre resulta fácil, ya que suele ir ligado a la calidad del equipo o a sus particularidades funcionales o de montaje, de manera que generalmente no se produce el fenómeno de la misma forma en equipos similares.

Atendiendo al origen de la falla:

- **Directo o dependiente.** Cuando el origen de falla del equipo está en la falla de un elemento del propio equipo o en la misma forma circunstancia que

provocó la anomalía. En estos casos, la degradación progresiva del equipo es consecuencia directa del defecto inicial que, llegado el caso, provocará el colapso del sistema.

- **Indirecto o independiente:** cuando la falla del equipo se produce como efecto derivado de la acción o de la falla de otros componentes del sistema. Tal es el caso de las fallas producidas por una vibración excesiva inducida por otras máquinas próximas; la utilización de algún componente fuera de rango funcional, como consecuencia de la influencia de las circunstancias imprevistas, la pérdida de las condiciones nominales operativas de algún elemento, debido a la falta de servicio de algún componente del sistema, entre otros.

Atendiendo a la información que se tenga de la falla.

- **Manifiesto.** En aquellos casos en los que se tiene información acerca del origen del mismo, ya sea por disponer de información previa (generalmente por experiencia), ya sea por haberse detectado mediante la observación o medida de algún parámetro.
En este último caso, si existen mecanismos de detección y aviso, la falla también se le llama señalizado.
- **Oculto:** cuando no existen métodos de detección de la falla, o estos no se han puesto en práctica.

3.1.6 Definición de la función de confiabilidad

Edgardo Escalante (2006), maneja T como una variable aleatoria (VA) que denota el tiempo que transcurre hasta que un producto falle (tiempo de vida). Sea $f(T)$ una función que representa el tiempo de vida de un producto ($f(t)$) toma formas

particulares, como las distribuciones normas, exponencial, *lognormal* o *weibull*, principalmente.

La función $f(t)$ representa la probabilidad de que un equipo que estaba en funcionamiento en el instante inicial $t = 0$ falle en el intervalo de tiempo $(t, t + dt)$.

La relación entre $f(t)$ y $R(t)$ es otra nueva función, $\lambda(t)$, conocida como tasa de falla, la cual se define como la probabilidad de que un equipo que llega al instante t en perfecto funcionamiento falla en el intervalo $(t, t + dt)$:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (1)$$

Cuando la tasa de la falla es constante e independiente del tiempo; es decir, cuando:

$$\lambda(t) = \text{constante} = \lambda \quad (2)$$

Entonces:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Si se conoce el número de fallas n que se han producido en un equipo durante un tiempo t , se estima fácilmente el valor de $MTTF^1$ mediante el cociente:

$$MTTF = \frac{t}{n} \quad (4)$$

3.2 Disponibilidad

3.2.1 Concepto de disponibilidad

Cesáreo Gómez (1998), señala en término general que la disponibilidad significa la capacidad de algo para ser utilizado cuando se necesita, siendo este el motivo

¹ Tiempo medio de falla

central de mantenimiento, por lo que si se encuentra la forma de medir la disponibilidad de los distintos elementos (dispositivos, equipos, sistemas, entre otros) que componen el motivo de estudio, se tendrá una medida del rendimiento de mantenimiento realizado.

Así también “se denota por $D(t)$, a veces como $A(t)$, del inglés *availability*, como la probabilidad de estar en uso un dispositivo, equipo o sistema en un instante de tiempo dado”.

Riba Romeva (2002:198), define a la disponibilidad como la aptitud de un producto, máquina o sistema para cumplir su función ó estar en condiciones de hacerlo en momento dado cualquiera.

Ver este ejemplo tomado de Riba Romeva (2002:198), si un granjero requiere 100 veces su tractor y 98 funciona correctamente, la disponibilidad habrá sido del 98% (también se mide en tiempos: de 100 horas de trabajo requeridas, 98 ha funcionado satisfactoriamente).

Desde el punto de vista de Cruelles Ruiz (2009), la disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (tiempo de operación, TO), por el tiempo que la máquina ha estado produciendo (tiempo planificado de producción TPO), es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, entre otros.

La disponibilidad se representa porcentualmente, ya que es un valor entre 0 y 1.

Arqués (2009), define a la disponibilidad como la probabilidad de que un equipo realice las funciones requeridas en un instante o periodo de tiempo determinado, siempre que funcione y se mantenga de acuerdo a los procedimientos establecidos.

3.2.2 Expresión matemática de disponibilidad

Antes de describir como obtener la expresión, es importante mencionar que tanto la confiabilidad como la mantenibilidad, son determinantes en la valoración de la disponibilidad, en cuanto a la confiabilidad es sabido que cuanto mayor sea ésta, más tarde se producirá por término medio la falla, es decir, mayor será el MTBF² Arqués (2009).

Para obtener la expresión de la disponibilidad se parte del siguiente planteamiento:

La disponibilidad de un ítem en un instante de tiempo $(t+dt)$, es decir, las probabilidades de que se encuentre disponible en dicho instante, vendrá dada por la suma de las probabilidades de los dos sucesos siguientes:

- 1) Que éste disponible en el instante de tiempo t y no falle durante el intervalo dt subsiguiente.
- 2) Que no esté disponible en el instante de tiempo t y se repare en el intervalo dt subsiguiente.

Lo anterior se expresa como sigue:

$$D(t + dt) = D(t) * (1 - \lambda(t)dt) + (1 - D(t) * \mu(t)dt) \quad (5)$$

El cual operando y dividiendo entre dt , se convierte en lo siguiente:

$$\frac{D(t+dt)-D(t)}{dt} + D(t) * [\lambda(t) + \mu(t)] = \mu(t) \quad (6)$$

Hallando el límite de la expresión anterior, cuando dt tiende a cero, resulta finalmente:

$$D'(t) + D(t) * [\lambda(t) + \mu(t)] = \mu(t) \quad (7)$$

² Tiempo medio entre fallas

Ecuación diferencial de la que no siempre se obtiene una expresión explícita de la disponibilidad. En caso de que la función de distribución de fallas $F(t)$, como la función de distribución de tiempos de reparación, $M(t)$, sigan una ley exponencial, la solución de la ecuación diferencial anterior será:

$$D(t) = \frac{1}{\lambda + \mu} * + [\mu + \lambda e^{-(\lambda + \mu)t}] \quad (8)$$

Misma que recibe el nombre de disponibilidad instantánea, de la expresión anterior se observa que, al aumentar indefinidamente el tiempo, la disponibilidad tiende asintóticamente al valor constante siguiente:

$$D = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (9)$$

Donde D representa la disponibilidad para un tiempo infinito, o disponibilidad estacionaria, también denominada coeficiente de disponibilidad o simplemente disponibilidad, refiriéndose entonces a la función dependiente del tiempo, $D(t)$, con el nombre de distribución instantánea.

A partir de todas estas expresiones se deduce que, en los supuestos anteriores, la disponibilidad, dada anteriormente se formula como sigue:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (10)$$

Expresión con la que generalmente se expresa la disponibilidad en todos los casos.

3.3 Mantenibilidad

3.3.1 Concepto de mantenibilidad

Según Jurán y Gryna (1974), es uno de los parámetros que contribuyen a la disponibilidad de un producto, está definida, en general, como la facilidad de

restauración del servicio después de una falla y se expresa mediante cualquier valor de mérito, siendo el más habitual el tiempo medio de reparación (TMDR³).

3.3.2 Elementos de un programa de mantenibilidad

Según Juran y Gryna (1974), los programas formales de mantenibilidad parten de la premisa de que la mantenibilidad es programada de la misma manera que los parámetros de capacidad o confiabilidad de producto, este programa consta de cuatro etapas distintas de trabajo:

1. Planificación: durante la cual las exigencias de mantenibilidad son exigidas y convertidas en criterios de diseño.
2. Aplicación al diseño para establecer las características funcionales y físicas del producto.
3. Medición para verificar los objetivos cuantitativos y cualitativos
4. Evaluación del diseño y sus resultados para determinar áreas de mejora.

Estas etapas de trabajo son llevadas a cabo mediante la siguiente serie de tareas:

- 1. El plan de programa:** En este se describe qué es lo que hay que hacer, quién debe hacerlo y cuándo debe ser hecho, incluye una previsión sobre los elementos siguientes:
 - Distribución de las exigencias cuantitativas de mantenibilidad del diseño y predicción de la forma en que serán atendidas esas exigencias.
 - Análisis de la mantenibilidad, para desarrollar el concepto general de mantenimiento y las exigencias de diseño de la mantenibilidad general. Este análisis determina y contribuye las exigencias cuantitativas de mantenimiento a los niveles funcionales inferiores del producto.

³ Tiempo medio de reparación

- Un concepto y plan detallados de mantenimiento que establezcan las exigencias para las instalaciones de mantenimiento, equipos de apoyo y capacidades técnicas.
- Criterios de diseño de la mantenibilidad que dan orientación específica a los ingenieros proyectistas.
- Diseño del equilibrio entre mantenibilidad y los demás parámetros
- Parámetros de mantenibilidad (del diseño planeado), que deben ser previstos cuantitativamente.
- Exigencias de mantenibilidad para subcontratistas que deben ser incluidas en las especificaciones a los proveedores.
- Revisión de diseños que deben incluir la revisión de la mantenibilidad
- Datos de mantenimiento que deben ser recogidos y analizados en las reparaciones hechas durante los ensayos. El sistema debe incluir la manera de iniciar la acción correctiva de los diseños en las áreas con problemas de mantenimiento.
- Comprobaciones de la mantenibilidad para verificar que se alcanzan los objetivos de diseño.

2. Establecer las exigencias: se establece un objetivo general de mantenibilidad para el producto, la mantenibilidad es pronosticada sobre el papel en la fase de diseño y son medidas finalmente, controlando el tiempo requerido para para ciertas acciones de mantenimiento del equipo.

3. Medición: los valores de mérito utilizados para establecer exigencias son cualesquiera de los siguientes:

- Tiempo medio de mantenimiento por periodo operativo del producto (mil horas, 1 año).
- **Tiempo medio de reparación (TMDR)**
- Tiempo de paro por periodo de funcionamiento (mantenimiento programado y no programado).
- Disponibilidad por unidad de tiempo

- Costo del mantenimiento por unidad de tiempo
- Costos totales no operativos por unidad de tiempo

El cliente especifica un tiempo máximo de reparación o establece una media para todos los tiempos de reparación.

La terminología usada comúnmente es:

- Tiempo máximo para mantenimiento programado o no programado
- Tiempo medio para mantenimiento no programado o programado
- **Tiempo medio de reparación (TMDR).**

4. Evaluación: el tiempo medio, es una exigencia difícil para el ingeniero proyectista, el ingeniero debe ponderar el tiempo requerido para cada tarea individual y la frecuencia prevista de estas tareas (para el mantenimiento no programado, la frecuencia es esencialmente la tasa de falla prevista), para cumplir esta exigencia debe establecerse parámetros de diseño a niveles que aseguren que las exigencias de productos serán cumplidas.

El cliente especifica el porcentaje de tiempo total que el equipo debe estar preparado y utilizable, los términos comunes son:

- Disponibilidad intrínseca, basada solamente en las características de diseño.
- Disponibilidad operativa, basada en las características de diseño, modificada por la capacidad del sistema de apoyo logístico.

3.3.3 Análisis y predicción de la mantenibilidad

Existen diferentes formas de enfocarlos, este es uno de esos enfoques:

1. Asegurar datos de experiencia pasada sobre equipo similar y extrapolar para hacer predicciones sobre un nuevo diseño.

2. Descomponer los trabajos de mantenimiento en las tareas elementales necesarias para realizar el mantenimiento a diversos niveles del producto, luego determinar las cifras que representarán los tiempos tipo, para cumplir con esas tareas.
3. Emplear un método ampliamente usado y desarrollado de un cierto número de equipos distintos estudiados, se identificaron nueve tareas universales que suceden en la inmensa mayoría de acciones de mantenimiento ver el ciclo típico de mantenimiento en la **fig. 3.2**.

Ciclo típico de un mantenimiento

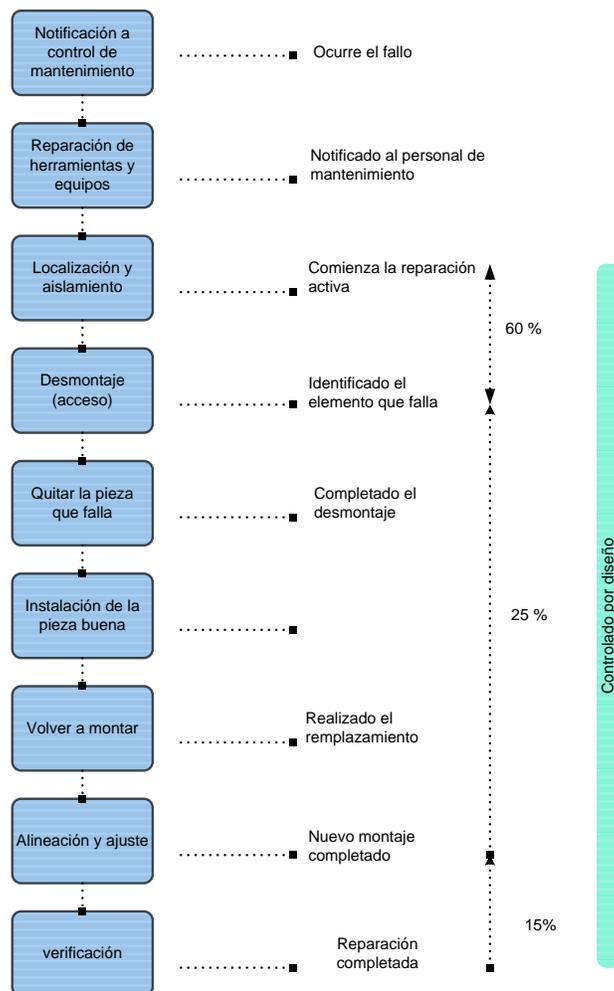


Figura 3.2. Ciclo típico de un mantenimiento
(Fuente: Jorge Acuña, 2003)

El método se apoya en la premisa de que el tiempo depende de tres variables independientes principales:

- A. Característica de diseño de producto
- B. Preceptos de diseño para actuación del personal de mantenimiento.
- C. Preceptos de diseño que afectan a las instalaciones de apoyo.

3.4 Seguridad

3.4.1 Concepto de seguridad

Según Kalpakjian (2002), Seguridad es definida como un juicio de aceptación de peligro, donde peligro (*danger*) involucra las definiciones *hazards* y *risk*, así la seguridad de una máquina o un lugar de trabajo depende del peligro y el riesgo que implica el funcionamiento de la máquina. Se define peligro como productor de lesiones mientras que riesgo se define como la probabilidad de que suceda la lesión.

3.4.2 Causas de riesgos lesiones laborales

Las causas de las lesiones son diversas pero, incluyen los siguientes factores:

- a) Quedar atrapadas partes del cuerpo en o entre componentes de máquinas
- b) Ser golpeados por un objeto
- c) La caída de cierto equipo, estructuras o escaleras
- d) Resbalarse o tropezarse en las superficies de los pisos
- e) Explosiones o incendios
- f) Exposición a niveles peligrosos de electricidad
- g) Quemaduras o exposición a temperaturas extremas
- h) Exposición a/o ingestión de sustancias tóxicas

- i) Demasiada tensión física.

Por su misma naturaleza, las operaciones de manufactura indican riesgos de seguridad de diversos grados, sin embargo es imperativo que los trabajadores tengan un lugar de trabajo razonablemente seguro Kalpakjian (2002).

3.4.3 Requisitos esenciales de la seguridad

Díaz molina (2007), menciona que el artículo 4 del RDALM⁴ establece que las máquinas y los componentes de seguridad a los que se aplica deberán cumplir con los requisitos esenciales de seguridad y salud.

a) Principios de integración de la seguridad

1. Inocuidad fundamental de las máquinas: por su misma construcción las máquinas deberán ser aptas para realizar su función y para su regulación y mantenimiento sin que las personas se expongan a peligro alguno cuando las operaciones se lleven a cabo en las condiciones previas por el fabricante.

Las medidas que se tomen deberán ir encaminadas a suprimir los riesgos de accidente durante la vida útil previsible de la máquina, incluidas las fases de montaje y desmontaje, incluso cuando los riesgos de accidentes resulten de situaciones anormales previsibles.

2. Prelación en la aplicación de los principios: al optar por las soluciones más adecuadas el fabricante aplicará los siguientes principios en el orden en que se indica:

⁴ Legislación de los estados miembros sobre máquinas

- i. Eliminar o reducir los riesgos en la medida de lo posible (integración de la seguridad en el diseño y fabricación de la máquina).
 - ii. Adoptar por las medidas de protección que sean necesarias frente a los riesgos que no puedan eliminarse.
 - iii. Informar a los usuarios de los riesgos residuales debidos a la incompleta eficacia de las medidas de protección adoptadas, indicar si se requiere una formación especial y señalar si es necesario un equipo de protección individual.
3. Previsión de usos anormales de la máquina. Al diseñar y fabricar la máquina y al redactar las instrucciones, el fabricante deberá prever no solamente un uso normal de la máquina, sino también el uso que de la máquina pueda esperarse de forma razonable. Cuando el empleo anormal de una máquina entrañe un riesgo, esta deberá estar diseñada para evitar que se utilice de forma anormal. En su caso, en las instrucciones de empleo deberán señalarse al usuario las contraindicaciones del empleo de la máquina que según la experiencia han de presentarse.
4. Aplicabilidad de los criterios ergonómicos. En las condiciones previstas de utilización, habrán de reducirse al mínimo posible la molestia, la fatiga y la tensión psíquica (estrés) del operador, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
5. Comodidad de los medios de protección individual. El fabricante en la etapa de diseño y de fabricación, tendrá en cuenta las molestias que puede sufrir el operador por el uso necesario o previsible de equipos de protección individual (por ejemplo: calzado, guantes, tapones auditivos).
6. Entrega de accesorios. La máquina deberá entregarse con todos los equipos o accesorios especiales y esenciales para que pueda ser regulada, mantenida y usada sin riesgos.

b) Marcado

Las disposiciones sobre el marcado obligan en primer término a que cada máquina lleve, de forma legible e indeleble y como mínimo, las indicaciones siguientes:

- Nombre y dirección del fabricante
- La marca CE que incluya año de fabricación
- Designación de la serie o modelo
- Número de serie si existiera.

Cuando el fabricante construya una máquina destinada a utilizarse en atmosfera explosiva, ello se deberá indicar en la máquina, en función de la naturaleza, también deberá llevar todas las indicaciones que sean indispensables para un empleo seguro (por ejemplo: velocidad máxima de elementos giratorios, diámetro máximo de las herramientas que se monte, masa).

c) Manual de instrucciones. Cada máquina llevará un manual de instrucciones que incluirá como mínimo , una serie de indicaciones sobre aspectos como los de condiciones de utilización inocua, puesta en servicio, utilización, manutención, instalación, montaje, reglaje; añadiendo un recordatorio de las indicaciones establecidas para el marcado.

3.5 Origen de análisis RAMS

La tecnología RAMS fue desarrollada por *Sun Oil*, para optimizar los paros de su planta y consistía en decidir, desde el punto de vista de costos, si la confiabilidad (*reliability*), la disponibilidad (*availability*), y la mantenibilidad (*maintainability*) del equipo debía programarse o no durante el paro de la planta.

En los proyectos de sistemas complejos y sofisticados donde es esencial que se cumplan los objetivos de confiabilidad o seguridad de funcionamiento, es decir, que el sistema o dispositivo sea operable y capaz de efectuar sus funciones en cualquier momento durante una misión determinada, se realiza el estudio de las tecnologías RAMS.

Una asociación que promueve las aplicaciones RAMS es la ESREDA (*European safety, reliability, & data association*), establecida en 1992 así el proceso de aplicación de este análisis se realiza al inicio de proyecto, en las fases de diseño, fabricación, ensayo e instalación y en la operación, mantenimiento y finalización de la vida útil de un producto, por lo cual es una aplicación desarrollada en el ferrocarril, (Creus Solé, 2009: 350).

3.6 Concepto de análisis RAMS

RAMS es un acrónimo de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (*reliability, availability, maintainability and safety*), Este análisis y las mejoras derivadas son exigidos en algunos casos a los proveedores de equipos para reducir los costos de mantenimiento, (Griful, 2004; 25).

El análisis RAMS, es el estudio mediante el cual un dispositivo o sistema se hace operable y capaz de efectuar sus funciones en cualquier momento durante una función determinada, (Creus Solé, 2005:347).

RAMS es un modelo de análisis o garantía de producto, para proyecto de ingeniería de una planta, con propósito de validar la teoría desarrollada de la integridad del diseño, en confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad, (Frederick Rudolph, 2009: 21).

RAMS es una característica de operación a largo plazo de un sistema y se logra por la aplicación de conceptos de ingeniería establecidos, métodos, herramientas y técnicas durante todo el ciclo de vida del sistema, se caracteriza como un indicador cualitativo y cuantitativo de la medida en que el sistema, o los subsistemas y componentes, que son invocados para funcionar como se especifica y para estar disponibles y ser seguro.

El objetivo del programa RAMS es establecer políticas y estrategias para la atención eficaz de la condición de la ingeniería de sistemas y equipos, mediante la aplicación de diversos métodos, técnicas, o herramientas, por mencionar algunas típicas de este análisis como el AMEF (análisis de modo y efecto de falla), el FTA (*fault tree analysis*), los métodos de predicción de la confiabilidad y el análisis de mantenibilidad.

El análisis RAMS es un enfoque jerárquico de aplicación de herramientas de análisis de sistemas, subsistemas y componentes para reducir costos basados en la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad.

3.7 Objetivos y beneficios análisis RAMS

El objetivo de los programas RAMS, son establecer políticas y estrategias para la atención efectiva de la condición de la ingeniería de sistemas y equipos, mediante la aplicación de diversos métodos y técnicas.

Los objetivos del programa son:

- Asegurar la atención eficaz de las condiciones del equipo
- Optimizar los beneficios técnicos derivados de la confiabilidad de los equipos, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad.
- Establecer prioridades para el logro de la calidad específica y la seguridad

- Establecer estrategias de mantenimiento para la realización de los tipos más aplicables y eficaces de mantenimiento y uso de procedimientos de mantenimiento adecuados e instrucciones de trabajo.
- Velar por el equilibrio correcto de los costos contra los beneficios técnicos deseados.

Los beneficios inmediatos del programa RAMS están en el establecimiento de políticas y estrategias de mantenimiento a través de un análisis y comprensión de los siguientes:

- El proceso de los sistemas, las funciones del equipo, los modos de fallas, efectos de las fallas, causas de falla y las consecuencias de falla, y la crítica de las fallas de los equipos que resulten en peligros para la seguridad, tiempo de inactividad y daños consecuentes.
- La identificación de las condiciones del equipo y las características de las fallas y el establecimiento de un mantenimiento eficaz, dando prioridad a los beneficios relacionados con técnicas que deben alcanzarse.
- Evitar el daño emergente y el establecimiento de los procedimientos de mantenimiento necesarios, trabajar en instrucción y apoyo logísticos para el cuidado de los equipos y la calidad del producto.
- Comparación de la integridad del diseño como punto de referencia contra las medidas de integridad operacional.

Los beneficios obtenidos a través del establecimiento de políticas y estrategias de mantenimiento se resumen en los tres principios fundamentales de un programa RAMS, cada uno los resultados específicos relativos y requisitos de diseño (en orden secuencial) de seguridad, confiabilidad, disponibilidad y facilidad de mantenimiento de los beneficios deseados técnicos, medidas de rendimiento, efectos consecuentes sobre el equipo diseñado y los tipos necesarios de mantenimiento, (Frederick Rudolph, 2009).

3.8 Análisis de modo y efecto de falla

3.8.1 Propósitos del análisis de modo y efecto de falla

El análisis de modo y efecto de falla es un grupo sistemático de actividades con el propósito de:

1. Reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso, y los efectos de dicha falla.
2. Identificar acciones que eliminan o reducen la posibilidad de que ocurran fallas potenciales.
3. Documentar todo el proceso.

3.8.2 Características del AMEF

1. Minimizar la probabilidad de una falla o minimizar el efecto de una falla, se efectúa previamente a la finalización del diseño o previamente al inicio de la producción, es un proceso interactivo sin fin y es una manera de documentar el proceso o diseño.
2. El AMEF del diseño evalúa lo que resulta mal con el producto durante su uso o durante su manufactura como consecuencia de debilidades de diseño, (Aldridge y Taylor, 1991) y mencionado por (Escalante Edgardo, 2006).
3. El AMEF de proceso se enfoca en las razones de fallas potenciales, durante manufactura como resultado de incumplimiento con el diseño original, o el incumplimiento de las especificaciones del diseño. (Aldridge y Taylor, 1991) Mencionado por Edgardo Escalante.
4. El AMEF del diseño se debe llevar a cabo antes de la liberación de dibujos de producción, incluye fase de desarrollo de producto. Toma en cuenta las limitaciones técnica y físicas de manufactura y ensamble.

5. El AMEF de proceso se debe llevar a cabo antes que el herramental de producción, y debe tomar en cuenta todas las operaciones de manufactura desde componentes individuales hasta ensambles, considera la planeación del proceso de manufactura para cumplir con las expectativas del cliente.

3.8.3 Marco de referencia del AMEF

El APQP por sus siglas en inglés, Advanced Product Quality Planning (planeación avanzada de la calidad de producto), provee un marco de referencia global que indica las etapas dentro de la planeación, en donde deben realizarse dichos análisis C, F, GM, APQP (1995):

Las fases del APQP son:

1. Planeación y definición del producto
2. Diseño y desarrollo del producto
3. Diseño y desarrollo del proceso
4. Validación del producto y del proceso
5. Producción

El soporte continuo es: realimentación, evaluación, acción correctiva y metodología del plan de control.

3.8.4 Pasos del AMEF

1. Seleccionar al equipo y realizar lluvia de ideas (equipo formado por personal de diferentes áreas).
2. Elaborar diagramas de bloques (diseño), o diagramas de flujo (proceso)
3. Obtener datos de falla y llenado de la forma (modos de falla)

4. Análisis de la información, mediante análisis cuantitativos o cualitativos, se usan lluvia de ideas, DOE, Ishikawa, SPC, simulación para obtener información sobre los efectos de las fallas y estimar la severidad, ocurrencia, y detección.
5. Recomendar acciones de mejoramiento.
6. Evaluar las acciones (confirmar efectividad de la acciones y recomendar mejoras).
7. Continuar con las mejoras.

3.8.5 Elementos a considerar en el inicio del AMEF de diseño

Al iniciar un AMEF de diseño es necesario considerar estos puntos:

1. Desarrollar una lista de lo que se espera que sea el diseño y de lo que no se espera que sea.
2. Elaborar u diagrama de bloques del sistema. Subsistema y/o componente a ser analizado (estos diagramas deberían acompañar al AMEF).

Según Gonzales Miranda et al, el análisis de modo y efecto de falla se lleva a cabo en seno de grupos multifuncionales siguiendo un proceso que consta de las siguientes etapas:

1. Identificar cada componente, pieza o parte del producto o proceso con su respectiva función, se realiza un análisis exhaustivo de las diferentes actividades implicadas en el desarrollo del producto, para lo cual sería útil realizar un diagrama de flujo.
2. Identificar para cada elemento los modos de potenciales de fallas que se producen.
3. Estudiar para cada elemento los efectos de la falla, es decir, los síntomas que detectarían el cliente cuando se produjese dicha falla.

4. Relacionar la falla con las causas posibles
5. Asignar una puntuación a cada uno de los siguientes factores.
 - **Gravedad o severidad (S):** importancia del mismo en cuanto a sus consecuencias funcionales, producto o grado de defectuosidad (proceso)
 - **Frecuencia (O):** probabilidad de que se presente una falla en el producto o en el proceso estudiado, una vez que se ha producido una causa de falla.
 - **Detección (D):** probabilidad de no detectar la falla antes de que se produzca.
6. Obtener un índice de prioridad de riesgo (IPR), como producto de los tres factores anteriores (IPR= S*O*D), que se utiliza para clasificar por importancia los distintas fallas potenciales.
7. Elaborar un plan para la solución de esos defectos, comenzando por aquellos que ocupan los primeros lugares según el IPR, es decir por aquellos que tienen una mayor influencia sobre el normal funcionamiento de la empresa.

3.9 Árbol de fallas

El análisis FMEA puede ser incluso más detallado que un árbol de fallas, ya que debe considerarse cada tipo de falla de cada componente, en muchas ocasiones la ocurrencia de un evento desencadena la realización de muchos otros, a los cuales se les asigna probabilidades de ocurrencia, de tal manera que es posible conocer la potencialidad de falla del sistema en cualquier nivel.

Este tipo de representaciones se hacen mediante un árbol de eventos, que tiene un parecido con el árbol de probabilidades que se usa para estimar probabilidades de eventos en el espacio muestral. En la **figura 3.3** presenta un ejemplo simple de árbol de fallas para el caso de un apagón.

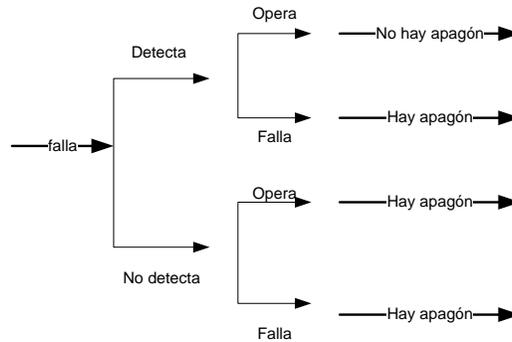


Figura 3.3 ejemplo de diagrama de árbol
(Fuente: Jorge acuña, 2003)

Es posible que para algunos sistemas se vuelva difícil construir el árbol de eventos, por lo tanto se debe eliminar ramas que no tienen posibilidad de ocurrencia o cuya ocurrencia no tienen sentido.

Un análisis más detallado es realizado con un árbol de falla, el cual es una metodología deductiva, que sirve para determinar las causas potenciales de las fallas de un sistema, la forma en que estas están entrelazadas y la probabilidad de ocurrencias de las mismas. Estos diagramas son parecidos al diagrama de bloques, los cuales difieren en la forma de analizar el sistema y su representación es jerárquica y no en red.

El análisis de fallas que utiliza arboles de falla, se centra en la determinación de las causas de un evento no deseado, que se coloca en el primer nivel del árbol y luego se desarrolla de arriba-abajo, anotando todos aquellos eventos que sean causantes usando expresiones “y” u “o”, conforme se desciende jerárquicamente, el sistema se hace más detallado y las combinaciones son más complicadas.

Este árbol de falla brinda un mejor entendimiento de las causas potenciales de falla y, por lo tanto, una forma de pensar en nuevas alternativas, de diseño que eliminen la incidencia de esas fallas, el árbol es utilizado también para determinar la confiabilidad, la probabilidad de falla, y la disponibilidad del sistema en análisis.

Estos árboles son de micro o macro, según la complejidad y necesidad de un análisis profundo o superficial.

Los símbolos que se usan en la construcción de un árbol de falla se presentan en la **Tabla 3.2**, el rectángulo representa el evento de falla del sistema y es la razón de ser del árbol, el círculo es también un evento de falla independiente, lo que significa que no se tiene información a mano sobre sus causas o no interesa desarrollar un estudio más detallado sobre él.

El diamante es un evento que no se ha desarrollado totalmente y que es o no de falla, el problema es que no se conoce nada acerca de sus causas y por lo tanto poco se dice de él, la casa es un evento básico que no es de falla, pero es importante citarlo en el diagrama, pues tiene una interacción directa con los eventos de la falla.

La puerta O se utiliza para identificar la ocurrencia de un evento en función de la ocurrencia de otros, es la aplicación de la ley de la suma, la puerta Y sirve para lo mismo que la puerta O, pero la ocurrencia de los eventos relacionados con el evento de falla principalmente debe ser simultánea.

Tabla 3.2 Símbolos para la construcción de árbol de fallas
(Fuente: Acuña Jorge, 2003)

FORMA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Rectángulo	Evento de falla que resulta de la combinación de lógica de dos eventos.
	Círculo y ovalo	Evento de falla independiente.
	Diamante	Evento no desarrollado completamente, sus causas no son conocidas.
	Casa	Evento básico que no es un evento de falla.
	Puerta o	La unión de eventos ocurre sólo si al menos uno de los eventos ocurre.
	Puerta y	Intersección de eventos ocurre si todos los eventos ocurren.

Tabla 3.2 Símbolos para la construcción de árbol de fallas
(Continuación)

FORMA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Puerta inhibida	Funciona igual que la puerta Y, solo que la ocurrencia está condicionada a la condición A.
	Conector de entrada	Para ligar una parte de un diagrama con otra, cuando este es muy extenso, se conecta a la entrada del segmento siguiente.
	Conector de salida	Para ligar una parte de un diagrama con otra, cuando este es muy extenso, se conecta a la entrada del segmento anterior.

Capítulo 4
Metodología del proyecto

4.1 Etapas de la metodología

En la **figura 4.1** se presenta la metodología que se llevó a cabo para la realización del proyecto, el cual surgió del análisis de procedimientos de la empresa y de metodologías sugeridas por autores, los cuales mencionan conceptos importantes para la calidad de diseño productos, a continuación se describen las fases que la componen, así como sus etapas y actividades.

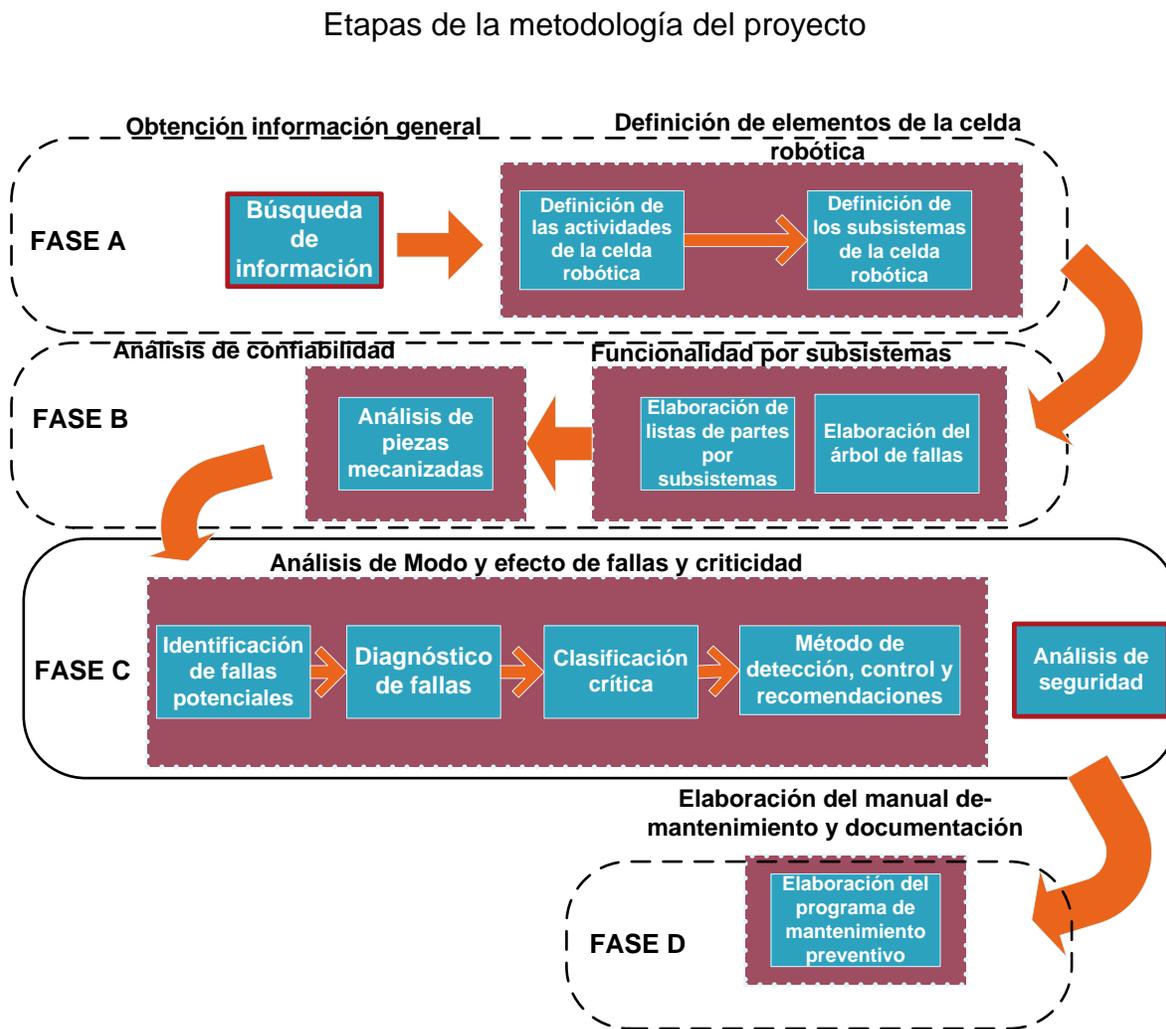


Figura 4.1 Etapas de la metodología del proyecto
(Fuente: elaboración propia).

Fase A: Reconocimiento de máquina y procedimientos de la empresa

Esta fase consiste en obtener conocimientos de la empresa, de forma general como una primera introducción para el manejo de la información que consta de las siguientes etapas:

- **Búsqueda de información.** Esta etapa consistió en la búsqueda de fuentes bibliográficas, electrónicas e información relacionados con procedimientos y lineamientos de la empresa, adquiriendo así la base para el desarrollo del proyecto y los factores a tomar en cuenta para el logro del objetivo.
- **Definición de elementos de la celda robótica.** Es importante mencionar esta etapa, ya que es el primer acercamiento para conocer su estructura y funcionamiento, en el cual se identificaron los subsistemas y los componentes de la misma, con el objetivo de conocer la máquina detalladamente.

En función de lo mencionado en el párrafo anterior, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Definición de las actividades de la celda robótica. Esta etapa consiste en el análisis de las actividades de la celda en producción, el cual ayuda a conocer el proceso y de esta manera realizar una estructura para la obtención de datos para el análisis.
- b) Definición de los subsistemas de la celda robótica. Para este punto se realizó una clasificación de los subsistemas, atendiendo a sus componentes y la función de cada uno de ellos.

Fase B: Definición del sistema (máquina)

Esta fase consiste en determinar la estructura del sistema, por lo cual está constituido de dos etapas que se mencionan a continuación:

- **Funcionalidad por subsistemas.** Consiste en identificar los objetivos para cada subsistema en relación con el sistema en general.

Las tareas realizadas en esta etapa son:

- a) Elaboración del árbol de fallas: Consiste en la elaboración del árbol de fallas de la celda robótica para presentar de manera organizada y estructurada el análisis, obteniendo resultados para las siguientes actividades
 - b) Elaboración de lista de partes por subsistemas. Consiste en la elaboración de las listas de partes, tanto mecanizadas como comerciales por subsistemas, obtenido del modelo proporcionado por los diseñadores.
- **Análisis de confiabilidad.** Esta etapa consiste en calcular la confiabilidad de los componentes o piezas de la celda robótica, realizando una lista de refacciones y calculando el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio para reparación (MTTR), la confiabilidad(r) en horas de trabajo y el cálculo de la disponibilidad con respecto a MTBF y MTTR.

Es importante mencionar que en esta etapa hubo ciertas restricciones, tanto en tiempo y forma, es decir, el tiempo para realizar los cálculos y la obtención de datos estadísticos fue muy corto, ya que la máquina fue entregada a cliente, aunque si se consideraron algunos aspectos los cuales fueron abarcados en las siguientes actividades:

- a) Análisis de piezas mecanizadas: en esta actividad se analizó todo el ensamble de la máquina, se analizó por subsistema y se identificaron las

piezas de recambio, es decir, aquellas piezas que están en contacto con la materia prima (*cooler*) o sujetas a desgaste.

Fase C: Análisis y recolección de información

Esta fase es la medular del proyecto ya que es el paso preliminar para obtener el manual, y está constituida de las siguientes etapas:

- **Análisis de Modo y efecto de fallas y criticidad:** en esta etapa se evaluó el diseño de la celda robótica en sus potenciales modo de falla y los efectos en los diferentes subsistemas, con base en una probabilidad y una clasificación crítica y de esta manera realizar cambios de mejora y acciones preventivas para indicarlos en el manual de mantenimiento, en esta etapa se realizaron las siguientes actividades:
 1. Identificación de fallas potenciales. Consiste en analizar el subsistema e identificar las fallas potenciales, y una vez realizada esta identificación en diseño, se observó la celda en funcionamiento, para verificar las fallas e identificar otras que no fueron consideradas el estudio preliminar, para este estudio se tomó en cuenta los resultados del análisis de árbol de fallas.
 2. Diagnóstico de fallas: Identificación de las causas de fallas, para este fin, se identificaron las causas de las fallas, tomando en cuenta los componentes y el ambiente.
 3. Clasificación crítica: En esta actividad se asignaron valores de severidad, ocurrencia y clasificación crítica, antes y después de las acciones de control y cambios recomendados.
 4. Método de detección, control y acciones recomendadas. Consiste en especificar los modos de detección de cada falla potencial y su control, así

como establecer recomendaciones según el diseño, en la que el diseñador es el responsable de los cambios.

- **Análisis de seguridad:** En esta etapa se determinaron los posibles riesgos durante la operación y funcionamiento de la celda robótica, para esto se tomaron en cuenta especificaciones de cliente y los riesgos de trabajo, en específico algunas actividades son:
 1. Descripción del riesgo de trabajo: se describen las principales fuentes de riesgo, los riesgos son evaluados en operación, mantenimiento y ensamble.
 2. Señalamientos y advertencias: que deben ser incluidos en el manual de operación es decir señalamientos por cada subsistema peligroso.
 3. Equipo de seguridad.
 4. Medidas de protección activa.

Fase D: Documentación y elaboración de manual

Esta fase es en la que se concentra todos los datos obtenidos, y al que se le da formato para entrega a cliente, consta de las siguientes etapas:

- **Elaboración del manual de mantenimiento y documentación:** esta etapa de documentación se realizó conforme se obtuvieron los resultados de los análisis, la información del manual se obtiene del análisis de modo y efecto de falla, las actividades para su realización son:
 - a) Elaboración del programa de mantenimiento preventivo. El cual consiste en una serie de recomendaciones para conservar la vida útil de los componentes de la máquina.

4.2 Reconocimiento de máquina y procedimientos de la empresa

4.2.1 Búsqueda de información

En esta etapa se maneja información referente a las metodologías aplicadas, según autores mencionados en el capítulo anterior, se proporcionó información referente a la metodología empleada, así como lista de requerimiento de clientes así como planos y dibujos.

4.2.2 Definición de elementos de la celda robótica.

Se trata del desarrollo de una celda robótica configurable para realizar los procesos de corte y soldadura requeridos en la recuperación de intercambiadores de calor **EGR** en cuatro modelos “**ISM 02, ISM 07**” & “**ISX 02, ISX 07**”, dicha célula tiene la capacidad de realizar los procesos de:

- Corte de colector y difusor por láser.
- Calentamiento localizado para el proceso de brazing base níquel.
- Soldadura de espejo y brida proceso **TIG**.
- Soldadura de colector y difusor proceso **CMT**.

En la **figura 4.2** se presenta la estructura de la celda robótica, la cual se compone de los siguientes elementos.

- Robot manipulador con sistema de cambio rápido de herramientas.
- Mesa indexadora configurable para cada modelo de intercambiador para carga y descarga de piezas con montaduras de cambio rápido para cada proceso.

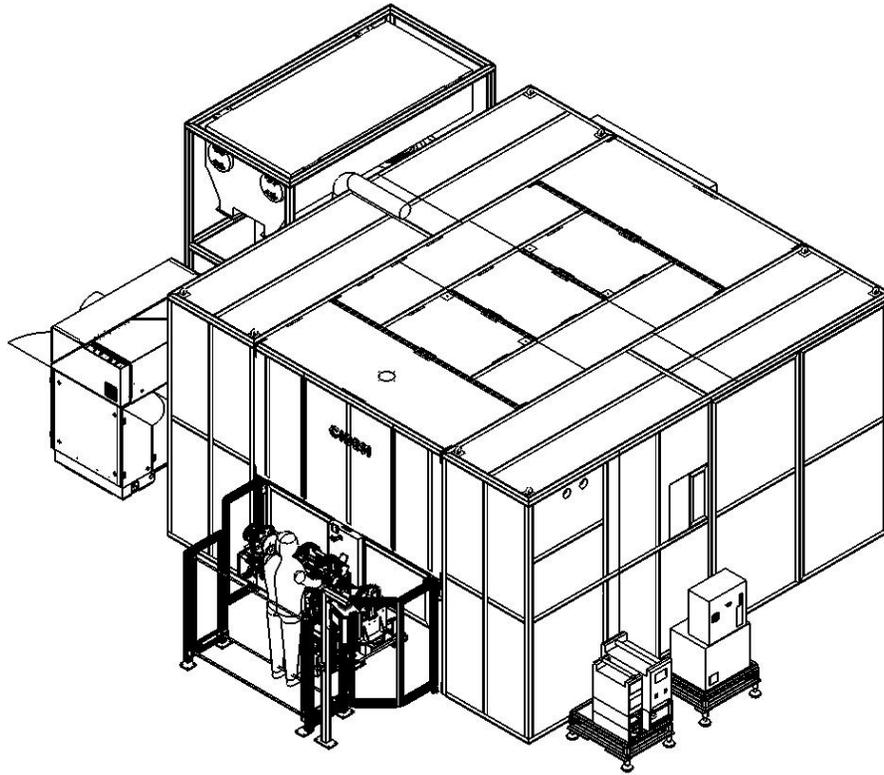


Figura 4.2. Celda robótica
(Fuente: obtenido de datos CIDESI).

- Sistema cambiador de herramientas (cabezales de corte, calentamiento y soldadura)
- Cabezal laser de corte
- Cabezal laser de calentamiento para soldadura brazing
- Cabezal soldadura proceso TIG
- Cabezal soldadura proceso CMT
- Sistema administrador de conexiones de cabezales
- Sistema de extracción de humos
- Tablero y panel de control de la celda
- Cabina o cierre de seguridad.

4.2.3 Definición de los subsistemas de la celda robótica

El conjunto de la celda robótica como tal se conforma de siete subsistemas según la función que cumple cada uno de sus componentes y por la forma de cómo fueron ensamblados y de forma general el propósito con los que cumplen.

La celda se constituye de 7 subsistemas los cuales se mencionan continuación:

4.2.3.1 Estructura

La estructura o cabina, funciona como sistema de seguridad y protección, debidas a las operaciones que se realizan dentro de ella, evitando así que los rayos láser y los gases y/o humos se dispersen por la planta, también incluye estructuras como soportes para otros subsistemas, los cuales se observan en la **figura 4.3**.

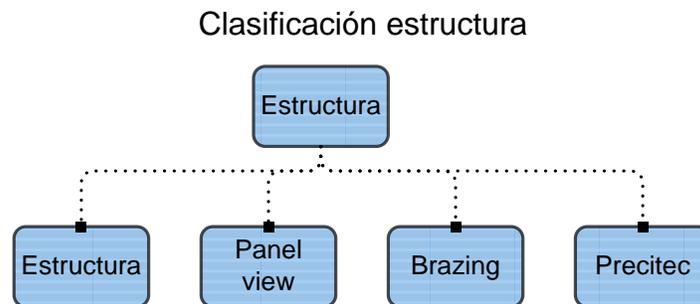


Figura 4.3 Clasificación del subsistema estructura
(Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI)

4.2.3.2 Cabezales

Este subsistema de la celda robótica realiza 4 tipos de procesos, una vez que se selecciona el proceso, el robot toma el cabezal correspondiente y se prepara para el ciclo, el cual está clasificado según **la figura 4.4**.

Clasificación de cabezales

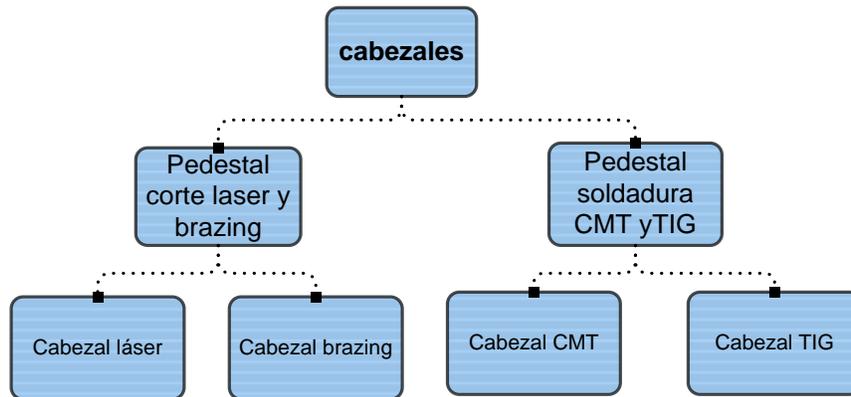


Figura 4.4 Clasificación del subsistema cabezales (Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI)

4.2.3.3 Estructuras CMT y TIG

Son dos tipos de soldadura los cuales consisten en CMT (transferencia de metal en frío) y TIG (soldadura bajo atmósfera inerte y electrodo de tungsteno), el cual es un electrodo no consumible de tungsteno resistente a la temperatura, este subsistema consta de los siguientes elementos o equipos para realizar la operación, ver **figura 4.5**.

Clasificación estructura TIG y CMT

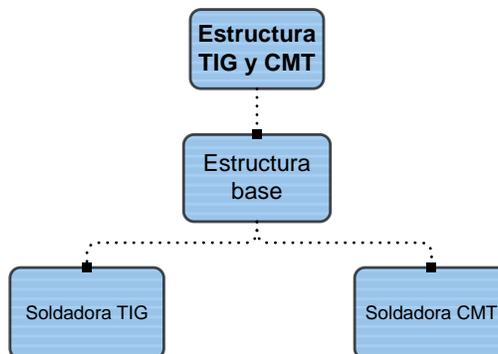


Figura 4.5 Clasificación del subsistema estructura TIG y CMT (Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI).

4.2.3.4 Herramentales brazing

Este subsistema tiene la función de sujetar a los *cooler* según sus modelos para la operación de soldadura, este subsistema está constituido de herramentales y dos *clamps* que sujetan ambos lados del *cooler*, ver **figura 4.6**.

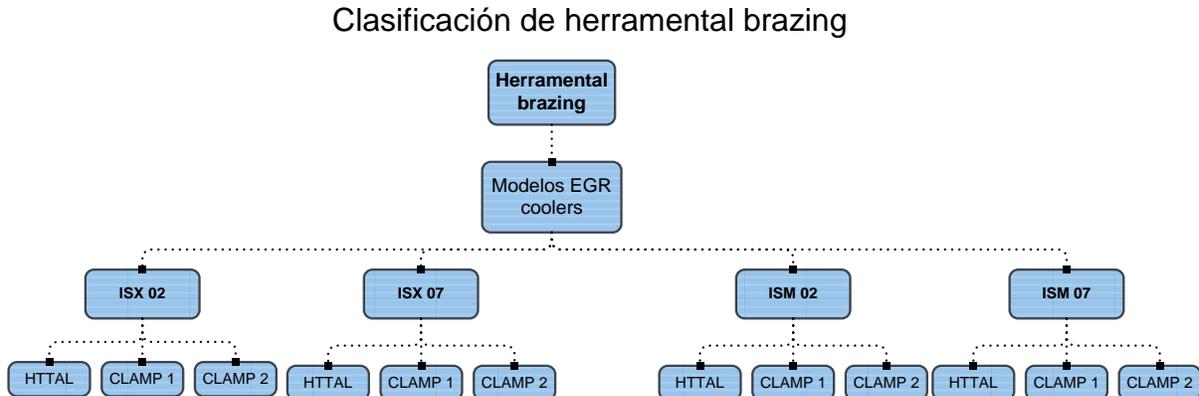


Figura 4.6 Clasificación del subsistema herramental Brazing
(Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI).

4.2.3.5 Herramentales corte

Los herramentales de corte tienen la función de sujetar a los EGR cooler, según el modelo requerido, con sus componentes respecto a cada modelo, para realizar la operación de corte, ver **figura 4.7**.

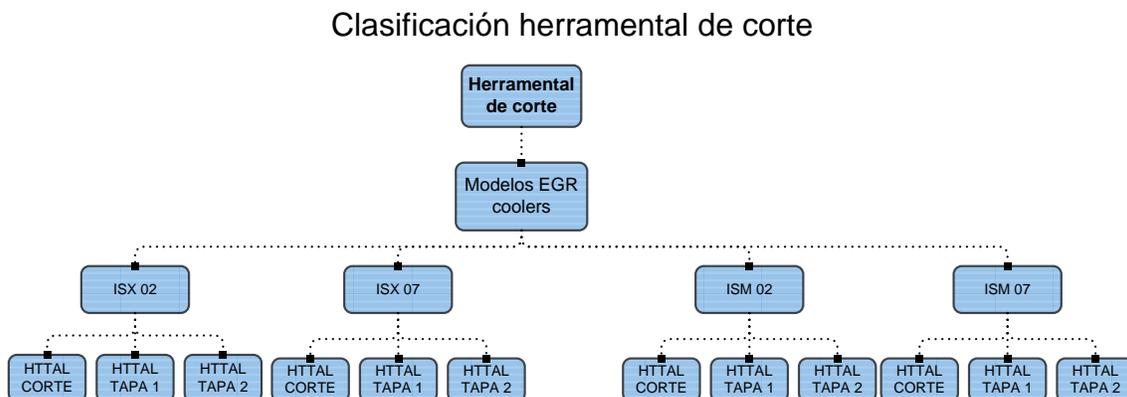


Figura 4.7 Clasificación del subsistema herramental de corte
(Fuente: Elaboración propia con datos de CIDESI).

4.2.3.6 Mesa indexadora

La mesa indexadora configurable para cada modelo de intercambiador es una mesa tipo “H” de dos estaciones servo controladas con una capacidad estimada de cada estación de 300 Kg. La mesa está integrada por un sistema de cambio rápido de montaduras específicas de cada modelo de intercambiador (*cooler*), este sistema está constituido según la **figura 4.8**.

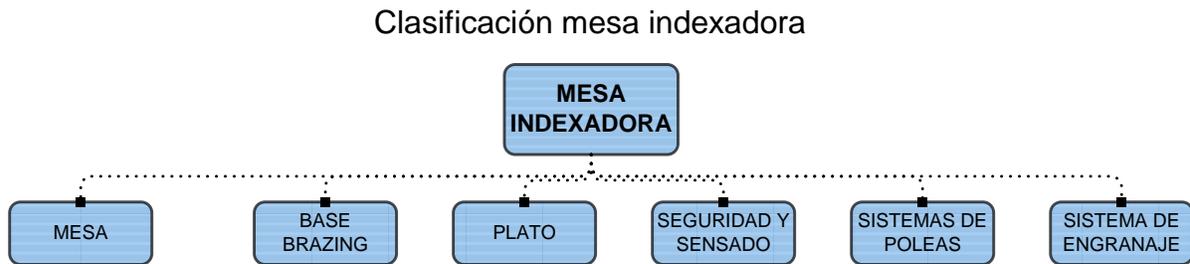


Figura 4.8 Clasificación del subsistema mesa indexadora (Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI).

4.2.3.7 Estación dosificado

La función de este subsistema es abastecer o suministrar de manera ágil la cantidad de insumos o materia prima en la cantidad y forma de intercambiadores de calor, aunque esta operación se realiza de forma manual, es decir, es tomada de este sistema y transportada a la mesa indexadora por medio del operador, para su montaje, este sistema está constituido por los elementos de la **figura 4.9**.



Figura 4.9 Clasificación del subsistema dosificado (Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI).

4.3 Definición del sistema (máquina)

4.3.1 Funcionalidad por subsistemas.

El primer subsistema descrito es el de la estructura, el cual se compone de piezas mecanizadas de la **tabla A.1** y componentes comerciales de la **tabla A.2**. El segundo subsistema descrito es el de los cabezales, el cual se compone de piezas mecanizadas de la **tabla A.3** y componentes comerciales de la **tabla A.4**.

El siguiente subsistema es el número tres, referente a componentes de la estructura TIG y CMT, se presentan en la **tabla A.5** y **A.6**, de la misma manera se mencionan las lista del herramental brazing ver **tabla A.7** y **A.8**, posteriormente las tablas **A.9** y **A.10** referente a los herramientas de corte, y uno de los sistemas de más componentes en su estructura se presentan las **tablas A.11** y **A.12**, y finalmente se observa en la **tabla A.13** y **A.14** de componentes del sistema de dosificado.

- a) En el paso anterior se describieron cada uno de los subsistemas que componen la máquina, una vez determinado cada subsistema, se realizaron las listas de partes de cada uno de ellos para su identificación ver anexo A, se emplea el formato de la **tabla 4.1**.

Tabla 4.1 formato para lista de partes mecánicas
(Fuente: elaboración propia)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS

De igual manera se utiliza el formato para listas de componentes comerciales, se señala en la **tabla 4.2**.

Tabla 4.2 formato para lista de componentes comerciales
(Fuente: elaboración propia)

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS

Capítulo 5

Implementación de la metodología

5.1 Aplicación del Análisis de Modo y Efecto de Falla para la elaboración del manual de mantenimiento

Con base a la metodología estudiada se especifica un orden en las actividades para obtener información referente a elaboración del manual de mantenimiento, requerido para el cliente, para esto se propone el siguiente orden:

- Realizar el análisis de modo y efecto de falla y su criticidad
- Reunir información desplegada en los diagramas diagrama de producto, y árbol de fallas.
- Realizar estudio de confiabilidad
- Finalmente realizar el estudio de seguridad.

5.2 Análisis de modo y efecto de falla y su criticidad

Una parte fundamental de este proyecto es el análisis de modo y efecto de falla y su criticidad, el cual se lleva acabo considerando las fallas potenciales, causas, efectos, su detección y acciones recomendadas en el diseño siguiendo los pasos mencionados a continuación:

1. Identificar alguno de los componentes del producto o proceso con su respectiva función, se realiza un análisis exhaustivo de las diferentes actividades implicadas en el desarrollo del producto.
2. Identificar para cada elemento los modos de fallas potenciales
3. Estudiar de cada elemento los efectos de falla
4. Relacionar la falla con las causas posibles
5. Asignar una puntuación a cada uno de los siguientes factores.

Para este se tomará en cuenta las siguientes actividades de la celda robótica:

1. Como primer punto es la selección de la máquina, en este caso ya está designada y es la celda robótica de tecnologías láser y soldadura.
2. Identificar cada componente, pieza o parte del producto o proceso con su respectiva función, para esto se realizó el diagrama de proceso, para determinar o identificar los componentes que intervienen en este análisis, ver **figura 5.1**.

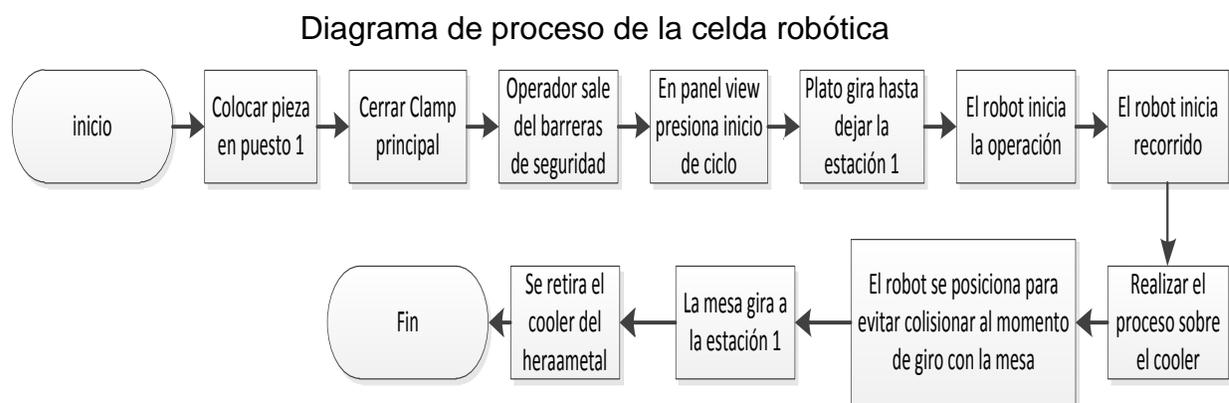


Figura 5.6 Diagrama de proceso en la celda robótica
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Según el flujo del proceso se detecta las fallas potenciales, considerando los subsistemas, para este punto se toma información de los diagramas anteriores y de las figuras mencionadas en el anexo B, ya que de esta forma se obtiene información fácil y estructurada para generar cuestionamientos sobre el funcionamiento de la celda.

5.2.1 Detección de fallas potenciales

Según el proceso de operación de la celda se analizó las fallas potenciales mediante el apoyo del árbol de fallas, se toma información de los diagramas de producto de cada subsistema para su análisis y se determinan los subsistemas críticos de los cuales se obtienen los siguientes:

1. Cabezales
2. Herramientales brazing
3. Herramientales de corte
4. Herramientales de corte
5. Mesa indexadora

El primer subsistema analizado es el de cabezales, el cual puede evitar que la operación se realice, como primer lugar se identifica el cabezal, en seguida los posibles fallas, efectos y causas como se muestra en la **figura 5.2**.

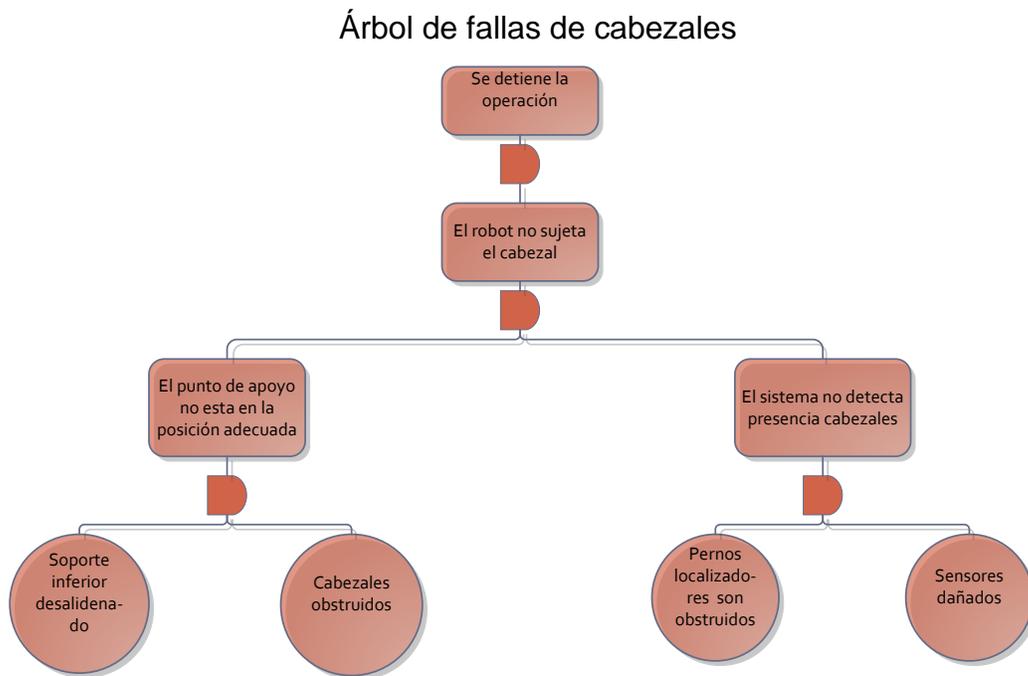


Figura 5.2. Árbol de fallas de cabezales
(Fuente: elaboración propia con datos proporcionados CIDESI).

Como se mencionó en el apartado anterior se analizó por subsistema, por lo tanto el siguiente es el del herramienta brazing, se identificaron los componentes, después se realizó un análisis para identificar las posibles fallas, sus causas como se muestra en la **figura 5.3**.

Árbol de fallas herramental brazing

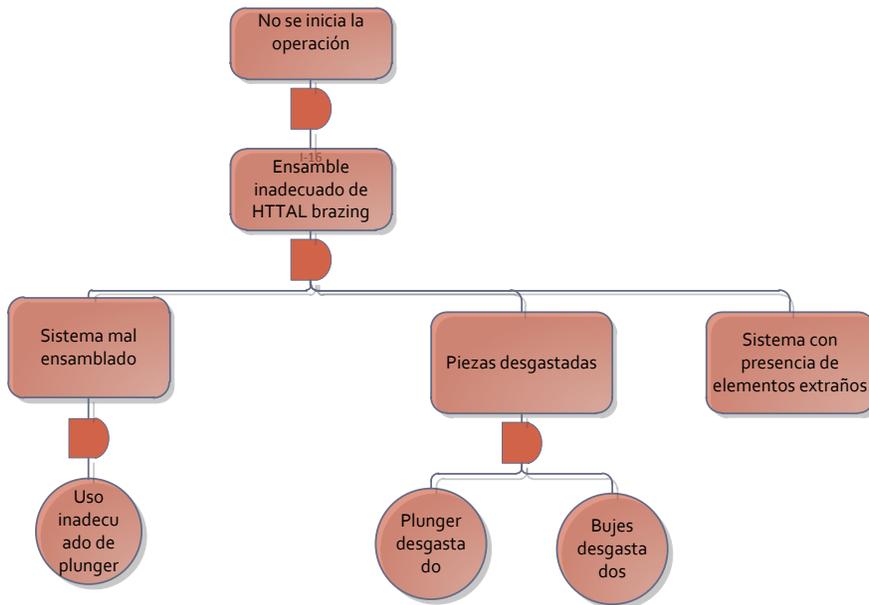


Figura 5.3 Árbol de fallas herramental brazing (Fuente: elaboración propia con datos proporcionados CIDESI).

Como se observó en la figura anterior, es una falla potencial en el herramental debido al ensamble inadecuado de herramental sobre la base, así como la sujeción inadecuada del cooler, en la **figura 5.4** se presenta la estructura de fallas y las causa que lo originen.

Árbol de fallas herramental brazing

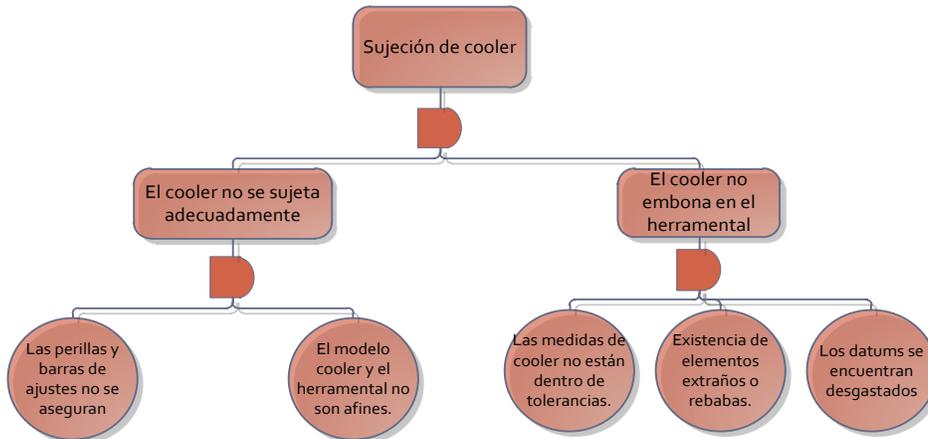


Figura 5.4 Árbol de fallas herramental brazing (Fuente: elaboración propia con datos proporcionados CIDESI).

Para el herramental de corte se identificaron sus componentes seguido de la identificación de fallas potenciales los cuales se encuentran representados en el último nivel, en la **figura 5.5** se observa el resultado de ese análisis con respecto a la sujeción del *cooler*.

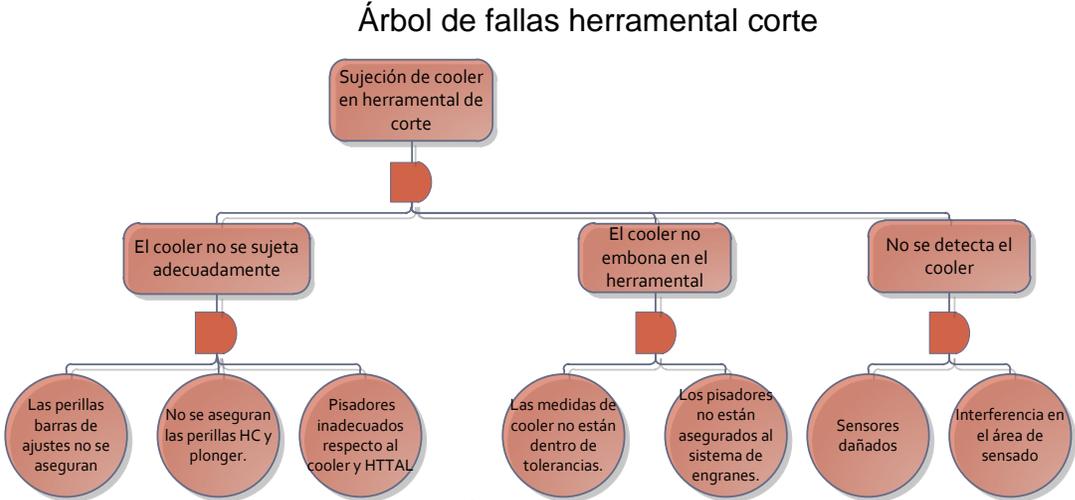


Figura 5.5 Árbol de fallas herramental corte
(Fuente: elaboración propia con datos proporcionados CIDESI).

En la siguiente figura se señala la falla potencial de la mesa indexadora, es importante mencionar que los diagramas antes señalados están relacionados directamente con el sistema de engranaje principal, ya que forman parte también de este subsistema, por lo cual en la **figura 5.6** se presenta el árbol de fallas de la mesa tomando en cuenta que no es el único componente que cause fallas en la estación de trabajo.

Árbol de fallas mesa indexadora

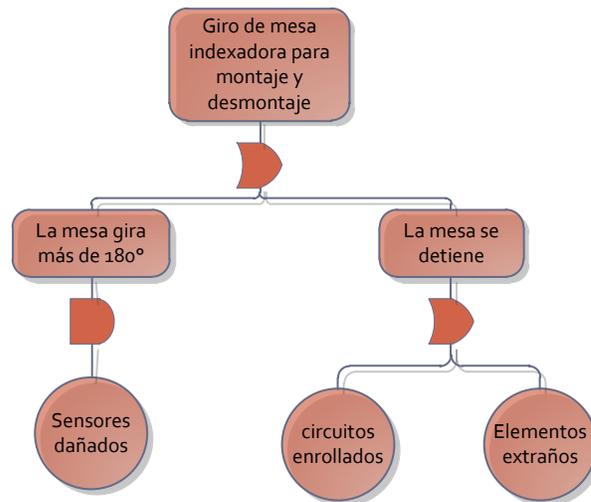


Figura 5.6 Árbol de fallas mesa indexadora
(Fuente: elaboración propia con datos proporcionados CIDESI).

Del análisis de modo y efecto de falla se obtuvieron las siguientes fallas potenciales, atendiendo a cada subsistema de la celda:

- 600.2 No se logra el cierre de los engranes
- 400.1 No se logra la correcta colocación del herramental brazing
- 400.2 No se logra la correcta sujeción del *cooler* en herramental brazing
- 500.1 No se logra la correcta sujeción del *cooler* en el herramental de corte
- 600.3 No se logra el giro adecuado de los engranes
- 600.1 La mesa indexadora gira más de 180° o menos de 180°
- 200.1 No se logra la correcta sujeción del cabezal.

5.2.2 Causas de las fallas y su detección

Una vez detectados las fallas potenciales por subsistemas, se analizan las causas de las fallas, la numeración corresponde a cada subsistema para su identificación. En este punto también se observaron y analizaron como saber cuándo la falla ocurre, para esto se tomó en cuenta el funcionamiento normal de la celda y se

elaboró una lista, de acuerdo a las causas del modo de falla potencial ver **tabla 5.1**, formato para registrar fallas y detección.

Tabla 5.1. Formato para registro de Causas de fallas y su detección
(Fuente: elaboración propia)

Diagnóstico de Fallas	Detección

Para cada uno de las fallas se identificaron las causas, en las siguientes tablas se detallan los resultados obtenidos.

- No se logra el cierre de los engranes

Las causas de que no se logre el cierre de los engranes y su detección se obtuvieron de un análisis de la celda, en diseño y funcionamiento, de los cuales se observan en la **tabla 5.2**.

Causas y detección de engrane abierto

Tabla 5.2. Causas de fallas y detección de engrane abierto
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Causas	Detección
600.2.1 El ensamble de engranaje de cierre 652-000 está girado o se encuentra fuera de posición.	1. Inspección visual 2. La máquina se va a falla con mensaje en Panel View de cierre de engranes.
600.2.2 Ensamble Pisadores giratorios 659-000 colocados incorrectamente diferente al modelo de <i>cooler</i> .	1. Inspección visual 2. El engrane no cierra y/o queda un espacio vacío entre el ensamble de pisadores <i>cooler</i> y el <i>cooler</i> .
600.2.3.- El cilindro de liberación de cierre COP-Smc-CDQSB25-75DC-M9PSAPC no llega a final de carrera.	1. Inspección visual 2. La máquina se va a falla con mensaje en Panel View.
600.2.4 Amarre del sistema de resortes y cuña (657-002) retén (657-014).	1. inspección visual

- No se logra la correcta colocación del herramental brazing

Las causas y detección de fallas para el herramental brazing, se obtuvieron del análisis de la estructura y diseño del herramental brazing ver **tabla 5.3**.

Causas y detección de fallas herramental brazing

Tabla 5.3. Causas de fallas y detección del herramental brazing
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Causas	Detección
400.1.1 El plunger cop CARRLANE-m13bls13 Buje, no está colocado correctamente o está desgastado.	1. Inspección visual
400.1.2 Los bujes de localización fijos 410-003 y 410-004 se encuentran desgastados o dañados.	1. Inspección visual 2. El plunger cop CARRLANE-m13bls13 Buje no embona adecuadamente.
400.1.3 Presencia de elementos mecánicos o extraños en el área de ensamble de herramental.	1. Inspección visual

- No se logra la correcta sujeción del *cooler* en herramental brazing

Las causas y detección se determinaron mediante el análisis del subsistema perteneciente al herramental brazing, los cuales se observan en la **tabla 5.4**.

Causas y detección de fallas herramental brazing

Tabla 5.4 Causas de fallas y detección del herramental brazing
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Causas	Detección
400.2.2 No se asegura la colocación del cooler con la colocación sujetador 420-007/perno de anclaje 420-011 y el tornillo de arrastre 420-007/pisador 420-003.	1. Inspección visual
400.2.3 Los sensores COP BALLUF BES M12 MF1_PSC30A_S04G-W I523 para identificación de herramientas no funcionan correctamente I308, I606.	1. Inspección visual 2. Mensaje en el panel view.
400.2.4 Algunos coolers no cumplen con las medidas específicas, y no están dentro de las tolerancias de producto para los herramientas.	1. inspección visual

- No se logra la correcta sujeción del *cooler* en el herramental de corte ver **tabla 5.5**.

Causas y detección de fallas herramental corte

Tabla 5.5. Causas de fallas y detección del herramental de corte
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Causas	Detección
500.1.2 No se aseguran las perillas barra de ajuste 511-011, de los herramentales ISX-07 e ISM-07.	1. Inspección visual
500.1.3 No se colocan o aseguran las perillas HC 511-012 y COP-CARRLANE-m6blpt20 de los herramentales.	1. Inspección visual
500.1.4 El ensamble de pisador coolers 659-000 es incorrecto según el modelo cooler ISX-07 e ISM-07 respectivamente.	1. Inspección visual 2. El engrane no cierra y/o queda un espacio vacío entre el ensamble de pisadores cooler y el cooler.
500.1.5 Los pisadores no están asegurados al engrane 659-000.	1. inspección visual
500.1.6 No se identifican el modelo cooler por mal funcionamiento de sensores I605, I606.	1. Identificación visual 2. La máquina se va a falla con mensaje en Panel View

- No se logra el giro adecuado de los engranes, en la **tabla 5.6** se mencionan sus causa y detección de esta falla.

Causas y detección de fallas sistema de engranaje

Tabla 5.6. Causas de fallas y detección del sistema de engranaje
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Diagnóstico de Fallas	Detección
600.3.2 El cambio de giro de engranes no se realiza correctamente.	1. inspección visual
600.3.3 La polea (cop_martin_40h100sk_polea t, cop_martin_20h100_polea m y cop_martin_72h100_polea) no están bien acopladas al eje.	1. Inspección visual

Tabla 5.6. Causas de fallas y detección del sistema de engranaje (Continuación).

Diagnóstico de Fallas	Detección
600.3.2 El cambio de giro de engranes no se realiza correctamente.	1. inspección visual
600.3.3 La polea (cop_martin_40h100sk_polea t, cop_martin_20h100_polea m y cop_martin_72h100_polea) no están bien acopladas al eje.	1. Inspección visual
600.3.4 El sistema de engranes 650-000 no está modo home o posición inicial.	1. Inspección visual 2. La máquina se va a falla con mensaje en panel view.
600.2.5.1 Una polea (cop_martin_18h100_polea, cop_martin_20h100, polea sincronizada, cop_martin_40h100sk_polea t, cop_martin_20h100_polea m y cop_martin_72h100_polea) está fracturada o rota.	1. inspección visual

- La mesa indexadora gira más de 180° o menos de 180°, en la **tabla 5.7** se mencionan su causa y su detección para la falla.

Causas y detección de fallas sistema mesa indexadora

Tabla 5.7. Causas de fallas y detección de la mesa indexadora (Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Diagnóstico de Fallas	Detección
600.1.1 Mal funcionamiento de los sensores 630-023 URETANO y COP_TELEMECANIQUE_LIMIT SWITCH I310, I311, I312, I313 por obstrucción de elementos extraños ó por suciedad.	1. Inspección visual 2. Los sensores no detectan o diferencian la estación 1 y 2, la máquina manda a falla.

- No se logra la correcta sujeción del cabezal, para este modo de falla potencial ver **tabla 5.8**, en la cual se mencionan su detección y las recomendaciones.

Causas de fallas y detección de cabezales

Tabla 5.8. Causas de fallas y detección del sistema de engranaje
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

Diagnóstico de Fallas	Detección
200.1.1 El punto de apoyo no está en la posición adecuada.	1. Inspección Visual
200.1.2 Obstrucción de pernos de localización de cabezales 201-203 por elementos extraños.	1. Inspección visual 2. El robot detiene la operación.
300.1.3 Mal funcionamiento de sensores inductivos	1. Inspección visual 2. Mensaje en el panel view robot, desactivado

5.2.3 Calificación crítica obtenida

Como resultado de la puntuación establecida se obtuvo la calificación de la **tabla 5.9**, en la que se observan dos calificaciones, una antes de considerar las prevenciones y las acciones recomendadas.

Tabla 5.9 Formato calificación crítica para las fallas potenciales
(Fuente: elaboración propia con información del centro de ingeniería y desarrollo industrial)

subsistema	200.1	600.1	600.3	500.1	400.1	600.2	
	3	3	3	3	3	3	Severidad (s)
	3	2	2	3	2	3	Ocurrencia(P)
Antes	9	6	6	9	6	9	Clasificación crítica
Después	4	2	3	3	4	4	Clasificación crítica

5.2.4 Prevención de las fallas y mejoras en el diseño

Para la propuesta de medidas de prevención, se tomó como base el análisis de modo y efecto de falla, lo mismo en las acciones recomendadas, se establecen un código que significa el subsistema, propias.

Después de detectar las fallas en la máquina se determinaron prevenciones y se proponen acciones para mejorar el funcionamiento de la máquina, en la **tabla 5.10**, se mencionan los resultados para cada subsistema.

Prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la celda robótica

Tabla 5.10. Tabla de prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la celda robótica.
(Fuente: elaboración propia con datos de CIDESI)

Prevención	Acciones recomendadas
<p>200.1.1.1 Verificar que el soporte inferior de corte láser 203-001, Brazing 203-002 y los cabezales de soldadura CMT 203-001 y TIG 203-001 estén colocados correctamente respecto al brazo robot.</p> <p>200.1.1.2 Verificar que los cabezales 203-000, 204-000, 205-000, y 206-000 se sujeten correctamente durante la ejecución del robot.</p>	<p>200 A- Colocar placa de apoyo o soporte para evitar que los cabezales se inclinen.</p> <p>200. B. Mejorar el espacio para la sujeción del cabezal, entre este y el brazo del robot.</p>
<p>200.1.2.1 Realizar actividades básicas de limpieza y mantenimiento antes de operar la celda.</p> <p style="text-align: right;">2.</p> <p>Verificar el estado de los pernos localizadores 201-003 con respecto a desgaste o deterioro.</p>	
<p>200.1.2.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de sensores COP. Sensor inductivo.</p>	
<p>400.1.1.1 Colocar el plunger cop CARRLANE-m13bls13 Buje, asegurándose que quede completamente sujetado.</p> <p>400.1.1.2 Al retirar el plunger asegurarse que sea de la base del plunger y no de la perilla para evitar un desgaste.</p>	
<p>400.1.2.1 Inspeccionar visual y dimensional los bujes de localización fijos 410-003 y 410-004.</p>	
<p>400.1.3.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de área de ensamble.</p>	
<p>400.2.1.1 Verificar que los datums 421-004, 421-005, 412-007, 441-004, se encuentren en buen estado.</p> <p>400.2.1.2 Inspección visual de datums 510-005, 540-004, 510-006, 520-003, 520-002 colocado correctamente de acuerdo al modelo de herramental.</p>	
<p>400.2.2.1 verificar la colocación de perno de anclaje 420-011 y tornillo de arrastre 420-007.</p>	<p>400 C. Asegurar el cierre de herramental mediante el sujetador 420-009.</p>

Prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la celda robótica

Tabla 5.10. Tabla de prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la celda robótica.
(Continuación)

400.2.3.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de sensores I523, I308, I606.	400.A Colocar protección para sensores
400.2.4.1 Verificación de las medidas de cooler en caso de que no embonen adecuadamente.	400. asegurar que los coolers embonen adecuadamente en el herramental.
500.1.1.1 Verificar que los datums 520-002, 520-003, 510-005, 510-006, 540-004 se encuentren en buen estado y de acuerdo al modelo cooler.	500 A. Asegurar el correcto el correcto posicionamiento del cooler sobre los datums
500.1.2.1 verificar que las perillas barra de ajustes se aseguren completamente permitiendo que los centradores 511-003 sujeten al cooler.	
500.1.3.1 Realizar inspección visual de colocación y ajuste de perillas HC 511-012 y COP-CARRLANE-m6blpt20 para cada herramental.	500. B asegurarse de colocar las perillas HC según el modelo de herramental y cooler.
500.1.4.1 verificar modelo cooler con el ensamble de pisadores cooler y asegurar el ensamble adecuado. 500.1.4.2 verificar que el engrane cierre adecuadamente y que no existan espacios vacíos entre el cooler y el ensamble de pisador	500 C. asegurar la correcta selección de ensamble de pisadores coolers según el modelo de herramental
500.1.5.1 Asegurar que el plunger COP carrlane 6HRPKL este correctamente embonado al engrane.	500 D. asegurarse que el pisador de ensamble 659-000 adecuadamente no salga de su posición.
400.2.3.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de sensores	500. E Diseñar una guarda para protección de sensores de identificación de herramental.
600.1.1.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de sensores 630-023 URETANO, COP_TELEMECANIQUE_LIMIT SWITCH y el tope de plato 630-018.	600. A Diseñar una guarda para protección de sensores y colocar un sistema de seguridad mecánico (tope con uretano) y otro eléctrico (microswitch) para detener el plato.
600.2.1.1 Realizar actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de engranes.	600. B. Asegurar el cierre de engranes.
600.2.2. Verificar ensambles de pisadores y modelos cooler.	600 C. asegurar la correcta selección de ensamble de pisadores coolers según el modelo cooler.

Prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la celda robótica

Tabla 5.10. Tabla de prevención y recomendaciones sobre el diseño y manejo de la celda robótica.
(Continuación)

Prevención	Acciones recomendadas
<p>600.2.3.1.- Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste del sistema de mecanismo de cierre 657-000.</p> <p>600.2.3.2.- Verificar desgaste o deterioro de pieza tope de liberación 658-006 y placa de empuje socket head cap screw _AM, en caso de desgaste intercambiar.</p> <p>600.2.3.3 verificar que el buje retén 657-014 y la cuña 657-002 no se amarren.</p> <p>600.2.3.4 verificar que el perno empujador 657-003 este completamente fuera o bien que la placa de articulación 657-005 se encuentre completamente en forma horizontal.</p>	<p>600 D. Asegurar el cierre de engranes por sistema de sensores.</p>
<p>600.2.4.1 Verificar el sistema de resortes COP-leeSpring-LCM que se encuentren en buen estado.</p> <p>600.2.4.2 Verificar que las piezas 657-01, cuñas (657-002) y el buje retén (657-014) tenga las dimensiones/diámetro adecuado.</p>	<p>600. E Asegurar el funcionamiento del mecanismo de cierre de engranes.</p>
<p>600.3.1.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de sistema de engranaje.</p>	
<p>600.3.2.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de sistema ensamble de transmisión 651-000.</p> <p>600.3.2.2 verificar que los valeros cop_skf_7202 be, Rodamiento de bola de contacto angular realicen su función.</p> <p>600.3.2.3 Asegurar que el sistema este sincronizado y tenso.</p>	<p>600 D. asegurar que los engranes giren correctamente.</p>
<p>600.3.3.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de flechas y Baleros.</p> <p>600.3.3.2 Asegurar la correcta tensión de la banda motriz y conducida.</p> <p>600.3.3.3 Asegurar el correcto funcionamiento del servomotor COP_RA-MPL_LOW_Inertia_motor_MPL-x310x-Xj74aa y reductor COP-ALPHA_REDUCTOR_LP090-MO2-50-111_MPL-B31 con respecto a su manual comercial.</p>	
<p>600.2.4.1 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de sensores home.</p>	<p>600. asegurar la posición correcta del engrane para inicio de operación.</p>
<p>600.1.4.2 Realizar las actividades básicas de mantenimiento, limpieza y revisión de ajuste de poleas y de tensores izquierdo 653-000 y derecho 654-000.</p>	<p>600. G Asegurar el correcto funcionamiento de las poleas.</p>

5.2.5 Análisis de confiabilidad

Como se mencionó en la descripción de la metodología, esta fase no se toma en cuenta todos los puntos para realizarlo, ya que se carecen de datos estadísticos, sin embargo se realizó un listado de piezas sujetas a desgaste.

Para este punto se toma en cuenta las piezas mecanizadas con el objetivo de que el cliente tenga en su inventario de mantenimiento, las piezas o componentes con una vida útil que depende del ciclo y que son motivo de fallas potenciales, en esta fase se hace notar la disponibilidad de los componentes para evitar paros de máquina.

Como resultado del análisis de confiabilidad y de un análisis cualitativo de los subsistemas, tomando en cuenta que son piezas de contacto según el proceso de producción, en la **tabla 5.11** se presenta el listado que el cliente debe poseer en su inventario en caso de falla.

Listas de piezas de recambio

Tabla 5.11 Lista de piezas de recambio
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI)

No.	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN
1	0273-0001-0001-0201-003	PERNO LOCALIZACIÓN CABEZALES
2	0273-0001-0001-0202-001	PLATO ADAPTADOR DE SENSOR
3	0273-0001-0001-0202-002	PLATO INTERFACE TOOL CHANGER
4	0273-0001-0001-0203-001	SOPORTE INFERIOR CORTE LASER
5	0273-0001-0001-0203-002	BUJE CABEZAL CORTE LASER
6	0273-0001-0001-0203-003	PORTA CABEZAL CORTE LASER
7	0273-0001-0001-410-003	BUJE DE LOCALIZACION MOVIL
8	0273-0001-0001-410-004	BUJE DE LOCALIZACION FIJO
9	0273-0001-0001-410-005	PERNO FIJACION

Listas de piezas de recambio

Tabla 5.11 Lista de piezas de recambio
(Continuación)

No.	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN
10	0273-0001-0001-410-014	PERNO SEGURO
11	0273-0001-0001-411-006	DATUM OVALADO
12	0273-0001-0001-411-007	DATUM REDONDO 1
13	0273-0001-0001-411-008	CIERRER ISX01
14	0273-0001-0001-412-007	DATUM PLANO
15	0273-0001-0001-420-007	TORNILLO DE ARRASTRE
16	0273-0001-0001-420-011	PERNO DE ANCLAJE
17	0273-0001-0001-420-012	EJE DE PIZADOR
18	0273-0001-0001-421-004	DATUM OVALADO
19	0273-0001-0001-421-005	DATUM REDONDO 1
31	0273-0001-0001-511-003	CENTRADOR ISX-02-1
32	0273-0001-0001-512-005	SUJECION ISX-02
33	0273-0001-0001-630-023	URETANO
34	0273-0001-0001-651-019	ENGRANE PARA CAMBIO DE GIRO
35	0273-0001-0001-651-020	ENGRANE EN FLECHAS
36	0273-0001-0001-652-008	ENGRANE INFERIOR DER
37	0273-0001-0001-652-009	ENGRANE INFERIOR IZQ
38	0273-0001-0001-652-010	ENGRANE SUPERIOR DER
39	0273-0001-0001-652-011	ENGRANE SUPERIOR IZQ
40	0273-0001-0001-657-005	PLACA DE EMPUJE
41	0273-0001-0001-657-006	PLACA ARTICULACION

5.2.6 Elaboración del programa de mantenimiento

Para la estructura del programa de mantenimiento preventivo se llevó a cabo con respecto al formato de la empresa, en él se incluyeron los siguientes puntos:

- Nivel: persona que ejecutará el mantenimiento
- Punto de intervención: punto sujeto a mantenimiento con respecto a los códigos y descripción de las piezas
- Método: la forma cómo realizar el mantenimiento
- Estado de la máquina: encendido o apagado
- Tiempo programado: el tiempo para cada mantenimiento
- Frecuencia: cada cuanto es necesario realizar el mantenimiento o ajuste de piezas.

Capítulo 6

Resultados de la metodología

6.1 Resultados de la metodología implementada

6.1.1 Manual de mantenimiento de la celda robótica

Se elaboró el manual mantenimiento con respecto a las características mencionadas, por políticas de la empresa tanto el programa como el manual de mantenimiento son confidenciales, para lo cual solo se presenta un índice de contenido.

1. Índice.
2. Descripción general de la celda robótica
3. Subsistemas de la celda robótica
 - 3.1 Función
 - 3.2 Modo de falla potencial
 - 3.3 Causas del modo de falla
 - 3.4 Detección
4. Programa de mantenimiento
 - 4.1 Nivel: persona que ejecutará el mantenimiento
 - 4.2 Punto de intervención: punto sujeto a mantenimiento con respecto a los códigos y descripción de las piezas
 - 4.3 Método: la forma cómo realizar el mantenimiento.
 - 4.4 Estado de la máquina: encendido o apagado
 - 4.5 Tiempo programado: el tiempo para cada mantenimiento
 - 4.6 Frecuencia: cada cuanto es necesario realizar el manteniendo o ajuste de piezas.

6.1.2 Seguridad de la celda robótica

Los 4 procesos que se llevan a cabo en la celda robótica pueden causar daños a las personas que operan la celda o están en un área cercana, el riesgo se incrementa en el interior de la celda, para esta etapa solo se realizó un análisis

general, se tomaron en cuenta consideraciones del cliente y características propias de la máquina.

Es muy importante que el personal que opera la celda esté capacitado en el manejo de los equipos que la conforman para hacer uso correcto de ellos y no poner en riesgo a las personas o causar daño a los propios equipos, también es necesario que el personal que opera la celda conozca los procesos que se pueden efectuar en ella para así estar consciente de los riesgos de cada proceso.

Para operar la celda es necesario además de la capacitación en equipos y procesos contar con equipo de seguridad como lentes de seguridad con filtro para laser, caretas para soldadura, guantes para manipular piezas calientes, extinguidores y demás equipo de seguridad que permita prevenir y reaccionar ante algún accidente.

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

La implementación de la metodología es de gran importancia y sus beneficios se hacen notar, ya que por medio de estas se establecen soluciones a problemas, o bien medidas de prevención como en el caso de este proyecto.

Para el desarrollo de este proyecto se detectaron características importantes, que dan lugar a fallas, con lo cual el cliente tendrá la posibilidad de alargar la vida útil de la máquina si opera en condiciones óptimas y pone en práctica las consideraciones hechas.

También es importante mencionar que en todo diseño se debe realizar el AMEF como parte medular de un análisis RAMS. Es una metodología que brinda confiabilidad y reduce costos de fabricación, con esta se obtuvieron los modos potenciales de fallas y se establecieron medidas de prevención.

7.2 Recomendaciones

Las recomendaciones que se consideran pertinentes para desarrollar la metodología y obtener resultados confiables y reales son:

- Considerar como requisito obligatorio la realización del análisis RAMS desde que se inicia el proyecto, es decir desde la definición conceptual, ya que si desde el inicio no se toma en cuenta en la planeación es más difícil, realizar el análisis.
- Es necesario establecer el trabajo interdisciplinario, es decir, involucrar a los expertos en el tema y trabajar en equipo.
- Obtener datos estadísticos y realizar las pruebas en condiciones reales.
- Operar la máquina según el manual y las condiciones de funcionamiento normal de la máquina.

Fuentes de información

1. Acuña, Acuña. J. (2003); ingeniería de la confiabilidad; Cartago, Costa Rica: Editorial tecnológica de Costa Rica.
2. Creus Solé A. (2005); fiabilidad y seguridad, su aplicación en procesos Industriales, 2ª edición: Marcombo Ediciones técnicas.
3. Cruelles Ruíz, J.A. (2009), La teoría de la medición del despilfarro; 2ª Edición; Toledo, España: editorial Zadegon.
4. Díaz Molina, R. (2007); Guía práctica para la prevención de riesgos laborales, 5 edición, Valladolid España, LexNoba editorial.
5. Frederick, Stapelberg, R. (2009), Handbook of reliability, availability, maintainability and safety, Verlang London; Springer editoarial.
6. Jurán y Gryna. (2005); manual del control de calidad;Barcelona, España, editorial reverté.
7. Kalpakjian, S. y Schmid Steven R. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología, 4 ed. México: Pearson educación.
8. Riba Romeva, C. (2002); diseño concurrente, Barcelona España, Universidad politécnica de Cataluña.
9. Solís A. (2000); Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: un enfoque sistémico; comillas Madrid; España: Universidad Pontificia.

Anexo A

Listas de partes mecanizadas y componentes comerciales de la celda robótica

Tabla A.1 Listas de partes mecanizadas de la estructura
(Fuente: elaboración propia con datos CIDESI)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0001-0001-0100-002	TAPA CABINA	1
2	0273-0001-0001-0100-007	LAMINA INTERIOR	1
3	0273-0001-0001-0100-008	LAMINA EXTERIOR	2
4	0273-0001-0001-0100-009	LAMINA INTERIOR	1
5	0273-0001-0001-0100-010	LAMINA INTERIOR	1
6	0273-0001-0001-0100-011	LAMINA EXTERIOR	5
7	0273-0001-0001-0100-012	Lamina superior	2
8	0273-0001-0001-0100-027	LAMINA EXTERIOR	1
9	0273-0001-0001-0100-028	LAMINA EXTERIOR	2
10	0273-0001-0001-0100-029	LAMINA EXTERIOR	1
11	0273-0001-0001-0100-044	TAPA FRONTAL INTERMEDIA	1
12	0273-0001-0001-0100-046	TAPA CABINA	2
13	0273-0001-0001-0100-047	LAMINA INTERIOR	2
14	0273-0001-0001-0100-050	LAMINA EXTERIOR	1
15	0273-0001-0001-0100-052	LAMINA EXTERIOR	1
16	0273-0001-0001-0100-053	LAMINA EXTERIOR	2
17	0273-0001-0001-0100-054	LAMINA INTERIOR	1
18	0273-0001-0001-0100-055	TAPA CABINA	1
19	0273-0001-0001-0100-059	LAMINA INTERIOR	3
20	0273-0001-0001-0100-057	TAPA LATERAL	1
21	0273-0001-0001-0100-058	LAMINA EXTERIOR	1
22	0273-0001-0001-0100-060	LAMINA INTERIOR	1
23	0273-0001-0001-0100-061	TAPA FRONTAL INFERIOR	1
24	0273-0001-0001-0100-062	TAPA INFERIOR	1
25	0273-0001-0001-0100-063	TAPA INFERIOR	1
26	0273-0001-0001-0100-064	TAPA INFERIOR	1

Tabla A.1 Listas de partes mecanizadas de la estructura
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
27	0273-0001-0001-0100-065	LAMINA EXTERIOR	1
28	0273-0001-0001-0100-066	LAMINA EXTERIOR	2
29	0273-0001-0001-0100-031	ANGULO SOPORTE DE LAMINA	16
30	0273-0001-0001-0100-030	ANGULO DE FIJACIÓN DE LÁMINAS	18
31	0273-0001-0001-0100-024	SOPORTE PARA CANCAMO	12
32	0273-0001-0001-0100-003	PLACA UNION	16
33	0273-0001-0001-0100-001	ESTRUCTURA EXTERNA	1
34	0273-0001-0001-0100-005	ESTRUCTURA SUPERIOR	1
35	0273-0001-0001-0100-006	PLACA UNION	14
36	0273-0001-0001-0100-025	ESTRUCTURA SUPERIOR	1
37	0273-0001-0001-0100-032	PERFIL SOPORTE DE LAMINA	6
38	0273-0001-0001-0109-001	ESTRUCTURA CENTRAL	1
39	0273-0001-0001-0109-002	PIEZA ENLACE	2
40	0273-0001-0001-0109-003	PLACA UNION	2
41	0273-0001-0001-0100-048	ESTRUCTURA SUPERIOR	1
42	0273-0001-0001-0100-004	ESTRUCTURA INFERIOR	1
43	0273-0001-0001-0100-014	PUERTA	1
44	0273-0001-0001-0100-015	PUERTA	1
45	0273-0001-0001-0100-016	LAMINA EXTERIOR	2
46	0273-0001-0001-0100-017	LAMINA INTERIOR	2
47	0273-0001-0001-0100-038	MARCO V	2
48	0273-0001-0001-0100-039	TAPA V1	1
49	0273-0001-0001-0100-041	TAPA V3	2
50	0273-0001-0001-0100-040	TAPA V2	1
51	0273-0001-0001-0100-042	BASE INTERLOCK V	1
52	0273-0001-0001-0100-043	GUARDA INTER V	1

Tabla A.2 Listas de componentes comerciales de la estructura
(Fuente: elaboración propia datos CIDESI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	CABLE	2
2	CONFIDENCIAL	TANQUE DE GAS	4
3	CONFIDENCIAL	DELL-21	1
4	CONFIDENCIAL	TORNILLO	8
5	CONFIDENCIAL	CERDAS	2
6	CONFIDENCIAL	CERDAS	2
7	CONFIDENCIAL	LÁMPARA DE LA ESTACION	3
8	CONFIDENCIAL	COP_STI_TL8012-S20245M	1
9	CONFIDENCIAL	FLEX	1
10	CONFIDENCIAL	DONALDSON	1
11	CONFIDENCIAL	SILENCIADOR 3/8	1
12	CONFIDENCIAL	SILENCIADOR 1/4	1
13	CONFIDENCIAL	NUT M8	4

Tabla A.3 Listas de partes mecanizadas de los cabezales
(Fuente: elaboración propia, datos CIDESI)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0001-0001-0201-001	PEDESTAL PORTA HERRAMIENTAS	2
2	0273-0001-0001-0201-002	BASE CABEZALES LASER	2
3	0273-0001-0001-0201-003	PERNO LOCALIZACIÓN CABEZALES	6
4	0273-0001-0001-0201-004	BASE CABEZALES SOLDADURA	1
5	0273-0001-0001-0201-005	PERNO LOCALIZACIÓN CABEZALES	8
6	0273-0001-0001-0202-001	PLATO ADAPTADOR DE SENSOR	1
7	0273-0001-0001-0202-002	PLATO INTERFACE TOOL CHANGER	

Tabla A.3 Listas de partes mecanizadas de los cabezales
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
8	0273-0001-0001-0203-001	SOPORTE INFERIOR CORTE LASER	1
9	0273-0001-0001-0203-002	BUJE CABEZAL CORTE LASER	3
10	0273-0001-0001-0203-003	PORTA CABEZAL CORTE LASER	1
11	0273-0001-0001-0203-004	INTERFACE TOOL CHANGER LASER	1
12	0273-0001-0001-0204-001	SOPORTE INFERIOR LASER BRAZING	1
13	0273-0001-0001-0204-002	BUJE CABEZAL LASER BRAZING	3
14	0273-0001-0001-0204-003	PORTA CABEZAL LASER BRAZING	1
15	0273-0001-0001-0204-004	SOPORTE SISTEMA DE VISIÓN	1
16	0273-0001-0001-0204-005	SOPORTE DE LAMPARA	1
17	0273-0001-0001-0204-006	SOPORTE CAMARA	1
18	0273-0001-0001-0204-007	INTERFACE TOOL CHANGER	1
19	0273-0001-0001-0205-001	SOPORTE INFERIOR CABEZAL TIG	1
20	0273-0001-0001-0205-002	BUJES CABEZAL SOLDADURA TIG	3
21	0273-0001-0001-0205-003	PORTAL CABEZAL SOLDADURA TIG	1
22	0273-0001-0001-0205-004	SOPORTE EN ANGULO DE ANTORCHA	1
23	0273-0001-0001-0205-005	BRIDA INFERIOR	1
24	0273-0001-0001-0205-006	BRIDA SUPERIOR	1
25	0273-0001-0001-0205-007	INTERFACE TOOL CHANGER TIG	1
26	0273-0001-0001-0206-001	SOPORTE INFERIOR SOLDADURA CMT	1
27	0273-0001-0001-0206-002	BUJE CABEZAL SOLDADURA CMT	3
28	0273-0001-0001-0206-003	PORTA CABEZAL SOLDADURA CMT	1
29	0273-0001-0001-0206-004	INTERFACE TOOL CHANGER CMT	1

Tabla A.4 Listas de componentes comerciales de cabezales
(Fuente: elaboración propia datos CIDESI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	SENSOR-INDUCTIVO_M12	8
2	CONFIDENCIAL	TORNILLO DE ANCLAJE	8
3	CONFIDENCIAL	KGL06-01	2
4	CONFIDENCIAL	M-20IA AXIS4_1	1
5	CONFIDENCIAL	M-20IA AXIS3_1	1
6	CONFIDENCIAL	M-20IA BASE	1
7	CONFIDENCIAL	M-20IA AXIS1	1
8	CONFIDENCIAL	M-20IA ENVELOPE	1
9	CONFIDENCIAL	M-20IA AXIS6	1
10	CONFIDENCIAL	M-20IA AXIS2	1
11	CONFIDENCIAL	M-20IA AXIS5_1	1
12	CONFIDENCIAL	TOOL CHANGER MASTER	1
13	CONFIDENCIAL	SENSOR DE COLISION	1
14	CONFIDENCIAL	CABEZAL CORTE LASER	1
15	CONFIDENCIAL	TOOL CHANGER	1
16	CONFIDENCIAL	LENTE DE CÁMARA	1
17	CONFIDENCIAL	ANILLO DE ILUMINACIÓN	1
18	CONFIDENCIAL	CAMARA DE VISIÓN	1
19	CONFIDENCIAL	LASER BRAZING	1
20	CONFIDENCIAL	TOOL CHANGER	1
21	CONFIDENCIAL	ANTORCHA DE SOLDADURA TIG	1
22	CONFIDENCIAL	TOOL CHANGER	1
23	CONFIDENCIAL	ROBACTA SOLDADURA CMT	1

Tabla A.5 Listas de partes mecanizadas de estructura TIG y CMT
(Fuente: elaboración propia, datos CIDESI)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0001-0001-0300-001	SOPORTE PATA NIVELADORA	4
2	0273-0001-0001-0300-002	BRIDA PARA RODAJAS GIRATORIAS	4
3	0273-0001-0001-0300-003	BASE EQUIPO	1
4	0273-0001-0001-0300-004	BASE PARA EQUIPOS DE SOLDAR	1
5	0273-0001-0001-0300-005	SOPORTE PATA NIVELADORA	4
6	0273-0001-0001-0300-006	BRIDA PARA NIVELADORES	4
7	0273-0001-0001-0300-007	BASE EQUIPO	1
8	0273-0001-0001-0300-008	BASE PARA EQUIPOS DE ROBOT	1
9	0273-0001-0001-0300-010	BASE EQUIPO	1
10	0273-0001-0001-0300-011	SOPORTE PATA NIVELADORA	4
11	0273-0001-0001-0300-012	PLACA BASE	1
12	0273-0001-0001-0300-013	SOPORTE MIG	1
13	0273-0001-0001-0300-022	ENSAMBLE PARA NIVELADOR	4

Tabla A.6 Listas de componentes comerciales de la estructura TIG Y CMT
(Fuente: elaboración propia datos CIDESI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	NIVELADORES	4
2	CONFIDENCIAL	-FK2200 FC	1
3	CONFIDENCIAL	KD-SUPPLY	1
4	CONFIDENCIAL	MAGICWAVE2200_TIG	1
5	CONFIDENCIAL	TRANSPULSSYNERGIC_4000_MV_CMT_R	1
6	CONFIDENCIAL	COP-FK4000-R	1

Tabla A.6 Listas de componentes comerciales de la estructura TIG Y CMT
(Continuación).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
7	CONFIDENCIAL	CONTROLADOR FANUC	1
8	CONFIDENCIAL	TRANSFORMADOR	1
10	CONFIDENCIAL	NIVELADORES	4

Tabla A.7 Listas de partes mecanizadas de herramientas brazing
(Fuente: elaboración propia, datos CIDESI)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0001-0001-410-001	PLACA BASE HTTAL ISX-02 H	1
2	0273-0001-0001-410-002	GUIA B ISX-02	1
3	0273-0001-0001-410-003	BUJE DE LOCALIZACION MOVÍL	4
4	0273-0001-0001-410-004	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	4
5	0273-0001-0001-410-005	PERNO FIJACION	1
6	0273-0001-0001-410-006	BASE REFLEX ISX-02	8
7	0273-0001-0001-410-007	SUJECION ISX-02	1
8	0273-0001-0001-410-008	BASE AISX	1
9	0273-0001-0001-410-009	GUIA SB1	2
10	0273-0001-0001-410-010	TAPA S	1
11	0273-0001-0001-410-012	PLACA DE SEGURO	1
12	0273-0001-0001-410-013	BRACKET DE PERNO	1
13	0273-0001-0001-410-014	PERNO SEGURO	1
14	0273-0001-0001-410-015	EJE-SEGURO	1
15	0273-0001-0001-411-001	CLAMP ISX021	2
16	0273-0001-0001-411-002	BASE CLAMP 1	2
17	0273-0001-0001-411-003	BARRA CLAMP ISX- 02 1	1
18	0273-0001-0001-411-004	BARRA UNION ISX- 02-1	1

Tabla A.7 Listas de partes mecanizadas de herramientas brazing
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
19	0273-0001-0001-411-005	BASE PIVOTE 11	2
20	0273-0001-0001-411-006	DATUM OVALADO	1
21	0273-0001-0001-411-007	DATUM REDONDO 1	2
22	0273-0001-0001-411-008	CIERRER ISX01	1
23	0273-0001-0001-411-009	BASE PIVOTE	1
24	0273-0001-0001-412-001	CLAMP ISX021	2
25	0273-0001-0001-412-002	BASE CLAMP ISX-02-2	2
26	0273-0001-0001-412-003	BARRA CLAMP ISX-02-2	1
27	0273-0001-0001-412-004	CIERRER ISX01	1
28	0273-0001-0001-412-005	BASE PIVOTE	1
29	0273-0001-0001-412-006	PIN UNION 2	1
30	0273-0001-0001-412-007	DATUM PLANO	6
31	0273-0001-0001-420-001	PLACA BASE HTTAL ISX-02 H	1
32	0273-0001-0001-420-002	GUIA B ISX-07	1
33	0273-0001-0001-420-003	PIZADOR	1
34	0273-0001-0001-420-004	BASE DE GUÍA	1
35	0273-0001-0001-420-005	GUÍA PARA SEGURO	2
36	0273-0001-0001-420-006	BASE DE TORNILLO	1
37	0273-0001-0001-420-007	TORNILLO DE ARRASTRE	1
38	0273-0001-0001-420-008	SOPORTE DE BRACKET	1
39	0273-0001-0001-420-009	SUJETADOR	1
40	0273-0001-0001-420-010	SOPORTE DE PERNO	1
41	0273-0001-0001-420-011	PERNO DE ANCLAJE	1
42	0273-0001-0001-420-012	EJE DE PIZADOR	1
43	0273-0001-0001-421-001	CLAMP ISX_07	2

Tabla A.7 Listas de partes mecanizadas de herramientas brazing
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
44	0273-0001-0001-421-002	BASE CLAMP 1	2
45	0273-0001-0001-421-003	BARRA CLAMP ISX-02 1	1
46	0273-0001-0001-421-004	DATUM OVALADO	1
47	0273-0001-0001-421-005	DATUM REDONDO 1	1
48	0273-0001-0001-421-006	CIERRER ISX01	1
49	0273-0001-0001-421-007	BASE PIVOTE	1
50	0273-0001-0001-421-008	BASE PIVOTE 11	2
51	0273-0001-0001-421-009	BARRA UNION ISX-02-1	1
52	0273-0001-0001-422-001	CLAMP ISX021	2
53	0273-0001-0001-422-002	BASE CLAMP ISX-07	2
54	0273-0001-0001-422-003	BARRA CLAMP ISX-07	1
55	0273-0001-0001-422-004	CIERRER ISX01	1
56	0273-0001-0001-422-005	PIN UNION 2	1
57	0273-0001-0001-422-006	BASE PIVOTE	1
58	0273-0001-0001-430-001	PLACA BASE HTTAL ISM-02	1
59	0273-0001-0001-430-002	GUIA B ISM-02	1
60	0273-0001-0001-430-003	BASE DE AEGURO	1
61	0273-0001-0001-430-004	PLACA DE SEGURO	1
62	0273-0001-0001-430-005	BRACKET DE PERNO	2
63	0273-0001-0001-430-006	PERNO SEGURO	2
64	0273-0001-0001-430-007	EJE-SEGURO	1
65	0273-0001-0001-430-008	GUÍA DE COOLER ISM_02	1
66	0273-0001-0001-430-009	PLACA DE SEGURO 2	1
67	0273-0001-0001-430-010	EJE DE SEGURO 2	1
68	0273-0001-0001-431-001	CLAMP ISM_021	2

Tabla A.7 Listas de partes mecanizadas de herramientas brazing
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
69	0273-0001-0001-431-002	BASE CLAMP 1	2
70	0273-0001-0001-431-003	BARRA CLAMP ISM-02 1	1
71	0273-0001-0001-431-004	DATUM OVALADO	2
72	0273-0001-0001-431-005	CIERRER ISM_02	1
73	0273-0001-0001-431-006	BASE PIVOTE	1
74	0273-0001-0001-431-007	BASE PIVOTE 11	2
75	0273-0001-0001-431-008	BARRA UNION ISM-02-1	1
76	0273-0001-0001-432-001	CLAMP ISX021	2
77	0273-0001-0001-432-002	BASE CLAMP ISX-02-2	2
78	0273-0001-0001-432-003	BARRA CLAMP ISM-02-2	1
79	0273-0001-0001-432-004	CIERRER ISX01	1
80	0273-0001-0001-432-005	BASE PIVOTE	1
81	0273-0001-0001-432-006	PIN UNION 2	1
82	0273-0001-0001-440-001	PLACA BASE HTTAL ISX-02 H	1
83	0273-0001-0001-440-002	GUIA B ISM-07	1
84	0273-0001-0001-440-003	SOPORTE PIVOTE	1
85	0273-0001-0001-440-004	PLACA DE SEGURO	1
86	0273-0001-0001-440-005	BASE DE SEGURO	1
87	0273-0001-0001-440-006	PERNO-SEGURO	1
88	0273-0001-0001-440-007	EJE DE SEGURO	1
89	0273-0001-0001-440-008	GUÍA DE COOLER	1
90	0273-0001-0001-441-001	CLAMP ISX021	2
91	0273-0001-0001-441-002	BASE CLAMP 1	2
92	0273-0001-0001-441-003	BARRA CLAMP ISX-02 1	1

Tabla A.7 Listas de partes mecanizadas de herramientas brazing
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
93	0273-0001-0001-441-004	DATUM REDONDO 1	1
94	0273-0001-0001-441-005	CIERRER ISX01	1
95	0273-0001-0001-441-006	BASE PIVOTE	1
96	0273-0001-0001-441-007	BASE PIVOTE 11	2
97	0273-0001-0001-441-008	BARRA UNION ISX-02-1	1
98	0273-0001-0001-442-001	CLAMP ISX021	2
99	0273-0001-0001-442-002	BASE CLAMP ISX-02-2	2
100	0273-0001-0001-442-003	BARRA CLAMP ISX-02-2	1
101	0273-0001-0001-442-004	CIERRER ISX01	1
102	0273-0001-0001-442-005	BASE PIVOTE	1
103	0273-0001-0001-442-006	PIN UNION 2	1
104	0273-0001-0001-412-007	DATUM DIAMANTADO	2
105	0273-0001-0001-411-007	DATUM REDONDO	1

Tabla A.8 Listas de componentes comerciales de la estructura herramientas brazing
(Fuente: elaboración propia datos CIDESI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	TORNILLO HOMBRO M8 X 16	2
2	CONFIDENCIAL	471 - 12 x 1	7
3	CONFIDENCIAL	ISX _ 02	1
4	CONFIDENCIAL	BOS R-3	2
5	CONFIDENCIAL	SEGURO EXT 6MM	1
6	CONFIDENCIAL	M34212SHR anillo lift	4
7	CONFIDENCIAL	PLUNGER	2
8	CONFIDENCIAL	3DM-ISX_07	1

Tabla A.8 Listas de componentes comerciales de la estructura herramientas brazing
(Continuación).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
9	CONFIDENCIAL	BOS R-3	2
10	CONFIDENCIAL	SEGURO EXT 6MM	1
11	CONFIDENCIAL	471 - 12 x 1	7
12	CONFIDENCIAL	M34212SHR anillo lift	4
13	CONFIDENCIAL	PLUNGER	2
14	CONFIDENCIAL	TORNILLO HOMBRO M8 X 16	2
15	CONFIDENCIAL	ISX _ 02	2
16	CONFIDENCIAL	TORNILLO HOMBRO M8 X 16	2
17	CONFIDENCIAL	471 - 12 x 1	9
18	CONFIDENCIAL	ISX _ 02	2
19	CONFIDENCIAL	3DM-ISM_02	1
20	CONFIDENCIAL	SEGURO EXT 6MM	2
21	CONFIDENCIAL	M34212SHR anillo lift	4
22	CONFIDENCIAL	PLUNGER	2
23	CONFIDENCIAL	TORNILLO HOMBRO M8 X 16	2
24	CONFIDENCIAL	471 - 12 x 1	7
25	CONFIDENCIAL	ISX _ 02	2
26	CONFIDENCIAL	3DM-ISM_07	1
27	CONFIDENCIAL	SEGURO EXT 6MM	1
28	CONFIDENCIAL	M34212SHR anillo lift	4
29	CONFIDENCIAL	PLUNGER	2

Tabla A.9 Listas de partes mecanizadas de herramientas de corte (fuente: elaboración propia, datos CIDESI)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0001-0001-510-001	PLACA BASE HTTAL C ISX-02	1
2	0273-0001-0001-510-002	PLACA IDENTIFICACION ISX-02	1
3	0273-0001-0001-510-003	BASE DATUM X02-1	2
4	0273-0001-0001-510-004	DATUM OVALADO 1	1
5	0273-0001-0001-510-005	DATUM REDONDO 1	2
6	0273-0001-0001-510-006	DATUM PLANO	6
7	0273-0001-0001-510-007	GUIA C ISX-02	2
8	0273-0001-0001-510-008	BASE DATUM X02-2	2
9	0273-0001-0001-510-009	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	3
10	0273-0001-0001-510-010	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	3
11	0273-0001-0001-511-001	CLAMP 1 T1 ISX-02	1
12	0273-0001-0001-511-002	CLAMP 2 TI ISX-02	1
13	0273-0001-0001-511-003	CENTRADOR ISX-02-1	4
14	0273-0001-0001-511-004	BUJE CENTRADOR 1	24
15	0273-0001-0001-511-005	BARRA AJUSTE	24
16	0273-0001-0001-511-006	BASE T1 ISX-02	1
17	0273-0001-0001-511-007	BUJE PT 1	12
18	0273-0001-0001-511-009	MANIJA TAPAS	6
19	0273-0001-0001-511-010	BUJE PT 2	6
20	0273-0001-0001-511-011	PERILLA BARRA AJUSTE	24
21	0273-0001-0001-511-012	PERILLA HC	9
22	0273-0001-0001-512-001	CLAMP 1 T2 ISX-02	1
23	0273-0001-0001-512-002	CLAMP 2 T2 ISX-02	1
24	0273-0001-0001-512-003	CENTRADOR ISX-02-3	12

Tabla A.9 Listas de partes mecanizadas de herramientas de corte
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
25	0273-0001-0001-512-004	BASE TC1 ISX-02	1
26	0273-0001-0001-512-005	SUJECION ISX-02	4
27	0273-0001-0001-520-001	PLACA BASE HTTAL ISX-07	1
28	0273-0001-0001-520-002	DATUM OVALADO 3	1
29	0273-0001-0001-520-003	BASE DATUM X07-1	2
30	0273-0001-0001-520-004	GUIA C ISX-07	2
31	0273-0001-0001-520-005	BASE DATUM X07-2	2
32	0273-0001-0001-520-006	PLACA IDENTIFICACION ISX-07	1
33	0273-0001-0001-521-001	CLAMP 1 T1 ISX-02	1
34	0273-0001-0001-521-002	CLAMP 2 TI ISX-02	1
35	0273-0001-0001-521-003	BASE T1 ISX-02	1
36	0273-0001-0001-511-003	CENTRADOR ISX-02-1 (4)	4
37	0273-0001-0001-511-004	BUJE CENTRADOR 1 (4)	4
38	0273-0001-0001-511-005	BARRA AJUSTE(4)	4
39	0273-0001-0001-511-007	BUJE PT 1(2)	2
40	0273-0001-0001-511-009	MANIJA TAPAS	1
41	0273-0001-0001-511-010	BUJE PT 2	1
42	0273-0001-0001-511-011	PERILLA BARRA AJUSTE(4)	4
43	0273-0001-0001-511- 012	PERILLA HC	1
44	0273-0001-0001-522-001	CLAMP 1 T1 ISX-02	1
45	0273-0001-0001-522-002	CLAMP 2 TI ISX-02	1
46	0273-0001-0001-522-003	BASE T1 ISX-02	1
47	0273-0001-0001-512-003	CENTRADOR ISX-02-3(4)	4
48	0273-0001-0001-511-004	BUJE CENTRADOR 1 (4)	4

Tabla A.9 Listas de partes mecanizadas de herramientas de corte
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
49	0273-0001-0001-511-005	BARRA AJUSTE(4)	4
50	0273-0001-0001-511-007	BUJE PT 1(2)	2
51	0273-0001-0001-511-009	MANIJA TAPAS	1
52	0273-0001-0001-511-010	BUJE PT 2	1
53	0273-0001-0001-511-011	PERILLA BARRA AJUSTE(4)	4
54	0273-0001-0001-511- 012	PERILLA HC(2)	2
55	0273-0001-0001-510-005	DATUM REDONDO 1	2
56	0273-0001-0001-510-006	DATUM PLANO	6
57	0273-0001-0001-510-009	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	3
58	0273-0001-0001-510-010	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	3
59	0273-0001-0001-530-001	PLACA BASE HTTAL C ISM-02	1
60	0273-0001-0001-530-002	PLACA IDENTIFICACION ISM-02	1
61	0273-0001-0001-530-003	BASE DATUM SM02-1	2
62	0273-0001-0001-530-004	BASE DATUM SM02-2	2
63	0273-0001-0001-530-005	DATUM REDONDO 2	2
64	0273-0001-0001-530-006	GUIA C ISM-02	2
65	0273-0001-0001-531-001	CLAMP 1 T2 ISX-02	1
66	0273-0001-0001-531-002	CLAMP 2 T2 ISX-02	1
67	0273-0001-0001-531-003	BASE TC1 ISX-02	1
68	0273-0001-0001-532-001	CLAMP 1 T2 ISX-02	1
69	0273-0001-0001-532-002	CLAMP 2 T2 ISX-02	1
70	0273-0001-0001-532-003	BASE TC1 ISX-02	1
71	0273-0001-0001-510-006	DATUM PLANO	6

Tabla A.9 Listas de partes mecanizadas de herramientas de corte
(Continuación)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
72	0273-0001-0001-510-009	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	1
73	0273-0001-0001-510-010	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	1
74	0273-0001-0001-540-001	PLACA BASE HTTAL C ISM-07	1
75	0273-0001-0001-540-002	PLACA IDENTIFICACION ISM-07	1
76	0273-0001-0001-540-003	BASE DATUM M07-1	2
77	0273-0001-0001-540-004	DATUM OVALADO 2	1
78	0273-0001-0001-540-005	BASE DATUM M07-2	2
79	0273-0001-0001-540-006	GUIA C ISM-07-1	1
80	0273-0001-0001-540-007	GUIA C ISM-07-2	1
81	0273-0001-0001-541-001	CLAMP 1 T2 ISX-02	1
82	0273-0001-0001-541-002	CLAMP 2 T2 ISX-02	1
83	0273-0001-0001-541-003	CENTRADOR ISX-02-3	8
84	0273-0001-0001-541-004	BASE TC1 ISX-02	1
85	0273-0001-0001-542-001	CLAMP 1 T2 ISX-02	1
86	0273-0001-0001-542-002	CLAMP 2 T2 ISX-02	1
87	0273-0001-0001-542-003	BASE TC1 ISX-02	1
88	0273-0001-0001-510-005	DATUM REDONDO 1	2
89	0273-0001-0001-510-006	DATUM PLANO	6
90	0273-0001-0001-510-009	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	3
91	0273-0001-0001-510-010	BUJE DE LOCALIZACION FIJO	3
92	0273-0001-0001-512-003	CENTRADOR ISX-02-3(4)	4

Tabla A.10 Listas de componentes comerciales de herramientas de corte
(Fuente: elaboración propia datos CIDE SI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	ISX _ 02	1
2	CONFIDENCIAL	COP-8020_2062- PLASTIC DOOR HANDLE	2
3	CONFIDENCIAL	COP_M6BLPT20	1
4	CONFIDENCIAL	ISX _ 02	1
5	CONFIDENCIAL	COP_M6BLPT20	1
6	CONFIDENCIAL	3DM-ISX_07	1
7	CONFIDENCIAL	COP-8020_2062- PLASTIC DOOR HANDLE	2
8	CONFIDENCIAL	COP_M6BLPT20	1
9	CONFIDENCIAL	COP_M6BLPT20	1
10	CONFIDENCIAL	3DM-ISM_02	1
11	CONFIDENCIAL	COP-8020_2062- PLASTIC DOOR HANDLE	2
12	CONFIDENCIAL	COP_M6BLPT20	1
13	CONFIDENCIAL	COP_M6BLPT20	1
14	CONFIDENCIAL	3DM-ISM_07	1
15	CONFIDENCIAL	COP-8020_2062- PLASTIC DOOR HANDLE	2
16	CONFIDENCIAL	COP_CARRLANE- M6BLPT20	1
17	CONFIDENCIAL	COP_CARRLANE- M6BLPT20	1

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Fuente: elaboración propia, datos CIDESI).

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0001-0001-600-002	SOPORTE HERRAMENTALES	2
2	0273-0001-0001-601-001	GUARDA FRONTAL TRANS. IZQ.	2
3	0273-0001-0001-601-002	GUARDA BANDA IZQ.	2
4	0273-0001-0001-601-003	GURDA LATERAL IZQUIERDA	2
5	0273-0001-0001-601-004	GUARDA SUP. FRONTAL	2
6	0273-0001-0001-601-005	Ac. SAE A-36	2
7	0273-0001-0001-601-006	GUARDA FRONTAL DER.	2
8	0273-0001-0001-601-007	GUARDA LATERAL DERACHA	2
9	0273-0001-0001-601-008	GUARDA TRANS. DERE.	2
10	0273-0001-0001-601-009	CAJA PORTACABLES	2
11	0273-0001-0001-601-010	GUARDA PLANA	2
12	0273-0001-0001-601-011	BASE GUARDA 2	2
13	0273-0001-0001-601-012	BASE GUARDA 1	2
14	0273-0001-0001-601-014	SOPORTE DE GUARDA	1
15	0273-0001-0001-601-015	GUARDA SUPERIOR	2
16	0273-0001-0001-601-016	GUARDA SUPERIOR 2	2
17	0273-0001-0001-601-017	CAJA GUARDA	2
18	0273-0001-0001-601-018	ENSAMBLE GUARDA	2
19	0273-0001-0001-601-019	TAPA ENGRANES	1
20	0273-0001-0001-601-020	TAPA ENGRANES	1
21	0273-0001-0001-601-033	SOPORTE TAPAS P	1
22	0273-0001-0001-601-034	GUARDA INTERLOCK BARRERA	1
23	0273-0001-0001-601-035	GUARDA INTERLOCK BARRERA	1
24	0273-0001-0001-610-046 1	LAMINA LATERAL IZQUIERDA	2

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
25	0273-0001-0001-610-046 2	GUARDA	2
26	0273-0001-0001-610-046 3	LAMINA DERECHA	2
27	0273-0001-0001-610-005	SOPORTE	2
28	0273-0001-0001-610-007	BASE	4
29	0273-0001-0001-610-008	SOPORTE	4
30	0273-0001-0001-610-009	GUARDA	4
31	0273-0001-0001-610-010	GUARDA SBDC3	4
32	0273-0001-0001-610-011	SOPORTE	2
33	0273-0001-0001-610-018	BASE SENSOR	2
34	0273-0001-0001-610-019	BASE REFLEX PC	2
35	0273-0001-0001-610-030	BASE CIERRE	2
36	0273-0001-0001-610-031	BASE SENSOR H2	2
37	0273-0001-0001-610-032	BASE SENSOR H	2
38	0273-0001-0001-610-033	BASE SENSOR HTTAL H2	2
39	0273-0001-0001-610-034	BASE SENSOR HTTAL H	2
40	0273-0001-0001-610-035	BASE SENSOR CIERRE 2	2
41	0273-0001-0001-610-036	BASE SENSOR CIERRE	2
42	0273-0001-0001-610-049	GUARDA SBDC2	4
43	0273-0001-0001-610-048	GUARDA SBDC	4
44	0273-0001-0001-620-001	ESCUADRA BASE	4
45	0273-0001-0001-620-002	BASE BUJE F	4
46	0273-0001-0001-620-003	BASE SENSORES BRAZING	4
47	0273-0001-0001-620-005	SOPORTE CB 1	4
48	0273-0001-0001-620-006	UNION B	8
49	0273-0001-0001-620-007	SOPORTE CB2	4

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
50	0273-0001-0001-620-008	SOPORTE UB	8
51	0273-0001-0001-620-011	PERNO B	8
52	0273-0001-0001-620-012	BASE BUJE M	4
53	0273-0001-0001-610-020	BASE SAI	4
54	0273-0001-0001-630-001	PLATO INDEXADOR	1
55	0273-0001-0001-630-002	BASE DE ESTRUCTURA	1
56	0273-0001-0001-630-003	REFUERZO	6
57	0273-0001-0001-630-004	ESTRUCTURA SEPARADOR	2
58	0273-0001-0001-630-005	PLACA SEPARADORA	4
59	0273-0001-0001-630-006	TAPA INTERIOR	2
60	0273-0001-0001-630-007	TAPA DISTRIBUIDOR	2
61	0273-0001-0001-630-008	TAPA DEL DISTRIBUIDOR	2
62	0273-0001-0001-630-009	UNION DE PLACA	2
63	0273-0001-0001-630-010	BASE DE ANCLAJE	2
64	0273-0001-0001-630-011	ANGULO DE SUJECION	4
65	0273-0001-0001-630-012	TOPE	1
66	0273-0001-0001-630-013	BASE PLATO	1
67	0273-0001-0001-630-014	BASE MICRO S	2
68	0273-0001-0001-630-015	GUARDA CIRC PLATO	1
69	0273-0001-0001-630-019	BASE SEG	2
70	0273-0001-0001-630-020	PLACA UNION	1
71	0273-0001-0001-630-021	BASE TOPE S	2
72	0273-0001-0001-630-022	TOPE PLATO	2
73	0273-0001-0001-630-023	URETANO	2
74	0273-0001-0001-630-024	PINTURA GRIS RAL 9002	4

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

TEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
75	0273-0001-0001-630-030	BASE POSICIÓN	1
76	0273-0001-0001-640-001	MAMPARA 2	4
77	0273-0001-0001-640-003	BASE PATAS	2
78	0273-0001-0001-640-004	SOPORTE GUARDA	4
79	0273-0001-0001-640-005	BASE FRENTE	2
80	0273-0001-0001-640-006	GUARDA B1	1
81	0273-0001-0001-640-007	GUARDA B2	1
82	0273-0001-0001-640-008	LEXAN 1110	2
83	0273-0001-0001-640-009	LEXAN 410	2
84	0273-0001-0001-640-010	MAMPARA 1	2
85	0273-0001-0001-640-011	GUARDA B3	1
86	0273-0001-0001-640-012	GUARDA B4	1
87	0273-0001-0001-640-013	SOPORTE INTERMEDIO	2
88	0273-0001-0001-651-001	FLECHAS PRINCIPALES	4
89	0273-0001-0001-651-002	SOPORTE CHUMACERAS	16
90	0273-0001-0001-651-003	PIEZA BIPARTIDA INFERIOR	2
91	0273-0001-0001-651-004	PIEZA BIPARTIDA SUPERIOR	2
92	0273-0001-0001-651-005	SOPORTE BLOQUEO DE GIRO	2
93	0273-0001-0001-651-006	PERNO BLOQUEADOR	2
94	0273-0001-0001-651-007	BUJE DE BRONCE	2
95	0273-0001-0001-651-014	FLECHA ENGRANE CAMBIO DE GIRO	8
96	0273-0001-0001-651-015	SOPORTE 1 ENGRANE CAMBIO GIRO	6
97	0273-0001-0001-651-016	SOPORTE 2 ENGRANE CAMBIO GIRO	8

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

TEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
98	0273-0001-0001-651-018	SOPORTE 3 ENGRANE CAMBIO GIRO	2
99	0273-0001-0001-651-019	ENGRANE PARA CAMBIO DE GIRO	8
100	0273-0001-0001-651-020	ENGRANE EN FLECHAS	8
101	0273-0001-0001-652-001	PLACA PORTA HERRAMENTALES	3
102	0273-0001-0001-652-002	INSERTO INFERIOR DE ENGRANE	6
103	0273-0001-0001-652-003	BARRAS UNION DE ENGRANES	14
104	0273-0001-0001-652-004	SOPORTE 1 APERTURA ENGRANE	3
105	0273-0001-0001-652-005	SOPORTE 2 APERTURA ENGRANE	3
106	0273-0001-0001-652-006	SOPORTE 3 APERTURA ENGRANES	4
107	0273-0001-0001-652-007	SOPORTE 4 APERTURA ENGRANE	3
108	0273-0001-0001-652-008	ENGRANE INFERIOR DER	3
109	0273-0001-0001-652-009	ENGRANE INFERIOR IZQ	3
110	0273-0001-0001-652-010	ENGRANE SUPERIOR DER	4
111	0273-0001-0001-652-011	ENGRANE SUPERIOR IZQ	4
112	0273-0001-0001-652-012	PIN DE SENSADO	4
113	0273-0001-0001-652-015	PERNO PARA SENSOR	3
114	0273-0001-0001-652-016	PERNO	3
115		BUJE RETEN	6
116	0273-0001-0001-653-001	BASE PRINCIPAL TENSOR IZQ	2
117	0273-0001-0001-653-002	PLACA PARA TENSOR IZQ	2
118	0273-0001-0001-653-003	FLECHA POLEA AJUSTE IZQ	2
119	0273-0001-0001-653-004	POLEA AJUSTE IZQ	2

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

TEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
120	0273-0001-0001-653-005	BASE T1	4
121	0273-0001-0001-653-006	BASE T2	4
122	0273-0001-0001-654-001	PLACA PARA TENSOR DER	2
123	0273-0001-0001-654-002	POLE DE AJUSTE DER	2
124	0273-0001-0001-654-003	FLECHA POLEA AJUSTE DER	2
125	0273-0001-0001-656-001	SOPORTE GIRO SEGURO Y	8
126	0273-0001-0001-656-002	FLECHA RODAMIENTO GIRO SEGURO Y	8
127	0273-0001-0001-656-003	SOPORTE DE SISTEMA GIRO SEGURO Y	4
128	0273-0001-0001-656-004	GUÍA	16
129	0273-0001-0001-656-007	EJE BL	4
130	0273-0001-0001-656-008	PARTE MOVIL	4
131	0273-0001-0001-656-009	BASE ROD	4
132	0273-0001-0001-656-010	BARRA 1	4
133	0273-0001-0001-656-011	BARRA 2	4
134	0273-0001-0001-656-012	BASE ROD	4
135	0273-0001-0001-657-001	CILINDRO MECANISMO	3
136	0273-0001-0001-657-002	CUÑA	6
137	0273-0001-0001-657-003	PERNO EMPUJADOR	6
138	0273-0001-0001-657-005	PLACA DE EMPUJE	3
139	0273-0001-0001-657-006	PLACA ARTICULACION	6
140	0273-0001-0001-657-007	INTERFACE A ENGRANE	3
141	0273-0001-0001-657-008	INTERFACE A ENGRANE 2	3
142	0273-0001-0001-657-009	PIEZA DE CIERRE	3

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

TEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
143	0273-0001-0001-657-010	PIEZA DE CIERRE 2	3
144	0273-0001-0001-657-011	CUÑA EXT	6
145	0273-0001-0001-657-012	BASE DE BUJES	3
146	0273-0001-0001-658-002	BASE CILINDRO EMPUJE	2
147	0273-0001-0001-658-003	BASE CE1	2
148	0273-0001-0001-658-004	BASE CE2	2
149	0273-0001-0001-658-005	BASE PARA CILINDRO	2
150	0273-0001-0001-658-006	TOPE DE LIBERACIÓN	2
151	0273-0001-0001-659-001	RESPALDO DE PISADOR	6
152	0273-0001-0001-659-002	PERNO GUIA DE PISADOR	6
153	0273-0001-0001-659-003	GUIA DE PERNO	6
154	0273-0001-0001-659-004	INSERTO SUPERIOR DE ENGRANE	6
155	0273-0001-0001-659-005	GUIA LATERAL	12
156	0273-0001-0001-659-006	BASE PERNO LOCALIZACIÓN	6
157	0273-0001-0001-659-010	BASE DE BUJE	6
158	0273-0001-0001-659-011	BUJE RECTO	2
159	0273-0001-0001-660-001	BASE POLEA IZQ	2
160	0273-0001-0001-660-002	BASE TENSOR	2
161	0273-0001-0001-660-003	CARTABON 2	4
162	0273-0001-0001-660-004	BASE TAPA 2	6
163	0273-0001-0001-660-005	CUÑA 3	2
164	0273-0001-0001-660-006	FLECHA POLEA 2	2
165	0273-0001-0001-660-007	DISCO DER	2
166	0273-0001-0001-660-008	BASE SERVO	2
167	0273-0001-0001-660-010	CUÑA 2	8

Tabla A.11 Listas de partes mecanizadas mesa indexadora
(Continuación).

TEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
168	0273-0001-0001-660-011	BASE CHUMACERA	8
169	0273-0001-0001-660-012	BASE POLEA DER	2
170	0273-0001-0001-660-013	CARTABON 1	4
171	0273-0001-0001-660-014	FLECHA POLEA 1	2
172	0273-0001-0001-660-015	DISCO IZQ	2
173	0273-0001-0001-660-016	BASE TAPA 2	6
174	0273-0001-0001-660-019	ALOJAMIENTO BALERO	8

Tabla A.12 Listas de componentes comerciales mesa indexadora
(Fuente: elaboración propia datos CIDESI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	COP- 6k_nu_1qc_s75_c	6
2	CONFIDENCIAL	COP- R-3	6
3	CONFIDENCIAL	POLEA	2
4	CONFIDENCIAL	COP M10x 1,5 X 35	8
5	CONFIDENCIAL	25	8
6	CONFIDENCIAL	25	8
7	CONFIDENCIAL	M9P	16
8	CONFIDENCIAL	25	8
9	CONFIDENCIAL	12-M5-06	16
10	CONFIDENCIAL	CDQ2A25-35D-M9PSAPC-06US_BQ2-012	16
11	CONFIDENCIAL	Sensor	20
12	CONFIDENCIAL	BUJE PLUNGER	8
13	CONFIDENCIAL	COP_PSC40B_S04G_003	2
14	CONFIDENCIAL	NIVELADOR ROYAL	4

Tabla A.12 Listas de componentes comerciales mesa indexadora
(Continuación).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
15	CONFIDENCIAL	COP_LIMIT SWITCH	2
16	CONFIDENCIAL	COP_1100RDM4H48-330	1
17	CONFIDENCIAL	RODAMIENTOS DE BOLAS CONTACTO ANGULAR.	16
18	CONFIDENCIAL	ARANDELA DE FIJACIÓN	16
19	CONFIDENCIAL	TUERCA DE FIJACIÓN	16
20	CONFIDENCIAL	20D	2
21	CONFIDENCIAL	20	2
22	CONFIDENCIAL	M9B	4
23	CONFIDENCIAL	20	2
24	CONFIDENCIAL	13-M5-06	4
25	CONFIDENCIAL	1-M5-06	4
26	CONFIDENCIAL	CDQ2A20-30D-M9B- U06US_BQ2-012	4
27	CONFIDENCIAL	BANDA SINCRONIZADORA DENTADA	4
28	CONFIDENCIAL		6
29	CONFIDENCIAL	POLEA SINCRONIZADORA	2
30	CONFIDENCIAL	SOPORTE CON RODAMIENTO	16
31	CONFIDENCIAL	SEGURO PARA EXTERIOR	56
32	CONFIDENCIAL	PERNO	9
33	CONFIDENCIAL	RESORTE A TORSION IZQ	3
34	CONFIDENCIAL	RESORTE A TORSION	3
35	CONFIDENCIAL	PART SETUP TEMPLATE	6
36	CONFIDENCIAL	TORNILLO DE HOMBRO	6
37	CONFIDENCIAL	SOCKET HEAD CAP	12

Tabla A.12 Listas de componentes comerciales mesa indexadora
(Continuación).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
38	CONFIDENCIAL	COP LM 81517	6
39	CONFIDENCIAL	COP_LM 122130	6
40	CONFIDENCIAL	COP--LCM	6
41	CONFIDENCIAL	TOLERANCE M6	6
42	CONFIDENCIAL	TOLERANCE M6	6
43	CONFIDENCIAL		4
44	CONFIDENCIAL	ARANDELA FIJACIÓN M15	4
45	CONFIDENCIAL	TUERCA FIJACIÓN M15 X 1	4
46	CONFIDENCIAL	RODAMIENTO DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR	12
47	CONFIDENCIAL	RODAMIENTO DE BOLAS DE CONTACTO ANGULAR	4
48	CONFIDENCIAL	RESORTE DE COMPRESION	16
49	CONFIDENCIAL	OPRESOR M12	16
50	CONFIDENCIAL	SEGURO EXTERIOR	8
51	CONFIDENCIAL	POLEA M	2
52	CONFIDENCIAL	POLEA T	2
53	CONFIDENCIAL	POLEA	4
54	CONFIDENCIAL	COP_SKF_6204-2Z	8
55	CONFIDENCIAL	SERVOMOTOR	2
56	CONFIDENCIAL	REDUCTOR	2

Tabla A.13 Listas de partes mecanizadas sistema dosificado (fuente: elaboración propia, datos CIDESI)

ITEM	NUMERO DE PARTE CIDESI	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	0273-0000-0700-100-001	MESA	1
2	0273-0000-0700-100-002	BRIDA PARA RODAJAS GIRATORIAS	2
3	0273-0000-0700-100-003	SOPORTE PATA NIVELADORA	4
4	0273-0000-0700-100-004	BRIDA DE RODAJAS FIJAS	2
5	0273-0000-0700-100-005	PLACA PRINCIPAL	1
6	0273-0000-0700-100-006	CIERRE	1
7	0273-0000-0700-100-007		1
8	0273-0000-0700-200-001	PLACA PRINCIPAL	1
9	0273-0000-0700-200-002	BUJE PIN	2
10	0273-0000-0700-200-003	BASE COOLER	1
11	0273-0000-0700-200-004	BASE COOLER	1
12	0273-0000-0700-300-001	PLACA PRINCIPAL ISM 02	1
13	0273-0000-0700-300-002	BASE SOPORTE 1	1
14	0273-0000-0700-300-003	BASE 2	1
15	0273-0000-0700-300-004	BUJE PIN	2
16	0273-0000-0700-400-001	PLACA PRINCIPAL	1
17	0273-0000-0700-400-002	BUJE PIN	2
18	0273-0000-0700-400-003	SOPORTE COOLER	2
19	0273-0000-0700-500-001	PLACA PRINCIPAL	1
20	0273-0000-0700-500-002	BUJE PIN	2
21	0273-0000-0700-500-003	SOPORTE COOLER	2

Tabla A.14 Listas de componentes comerciales mesa indexadora (fuente: elaboración propia datos CIDESI).

ITEM	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PZAS
1	CONFIDENCIAL	RODAJA LOCA	2
2	CONFIDENCIAL	RODAJA FIJA	2
3	CONFIDENCIAL	NIVELADORES	4
4	CONFIDENCIAL	3DM-ISX_07	1
5	CONFIDENCIAL	CANCAMO	2
6	CONFIDENCIAL	3DM-ISM_02	1

Anexo B
Árbol de componentes de la celda robótica

0273-0001-0001-0103
ENSAMBLE ESTRUCTURAS
LATERALES

LÁMINA COMERCIAL		COMERCIALES					
0273-0001-0001-0100-055 TAPA CABINA	0273-0001-0001-0100-05B LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-0100-050 LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-0105-000 ENSAMBLE INTERMEDIO	0273-0001-0001-0102-114/ESTRUCTURA FRONTAL Y TRASERA	0273-0001-0001-0102-000/ESTRUCTURA POSTERIOR	0273-0001-0001-0104-000 ESTRUCTURA INFERIOR	0273-0001-0001-0113-000
0273-0001-0001-0100-00B LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-0100-046 TAPA CABINA	0273-0001-0001-0100-001 ESTRUCTURA EXTERNA	0273-0001-0001-0100-005 ESTRUCTURA SUPERIOR	0273-0001-0001-0100-025/ESTRUCTURA SUPERIOR	0273-0001-0001-0100-04B ESTRUCTURA SUPERIOR	0273-0001-0001-0100-004 ESTRUCTURA INFERIOR	0273-0001-0001-0111-000 VENTANA 1
0273-0001-0001-0100-009 LAMINA INTERIOR	0273-0001-0001-0100-047 LAMINA INTERIOR	0273-0001-0001-0100-024/SOPORTE PARA CANCAMO	0273-0001-0001-0100-006 PLACA UNION	0273-0001-0001-0100-006 PLACA UNION	0273-0001-0001-0100-006 PLACA UNION	0273-0001-0001-0100-006 PLACA UNION	0273-0001-0001-0100-039 TAPA V1
0273-0001-0001-0100-054 LAMINA INTERIOR	0273-0001-0001-0100-056	0273-0001-0001-0100-030/ANGULO DE FIJACIÓN DE LAMINAS	0273-0001-0001-0100-024/SOPORTE PARA CANCAMO	0273-0001-0001-0100-032/PERFIL SOPORTE DE LAMINA	0273-0001-0001-0100-032/PERFIL SOPORTE DE LAMINA	0273-0001-0001-0100-015 PUERTA	0273-0001-0001-0100-041 TAPA V3
0273-0001-0001-0100-010 LAMINA INTERIOR	0273-0001-0001-0100-029 LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-0100-031/ANGULO SOPORTE DE LAMINA	0273-0001-0001-0100-030/ANGULO DE FIJACIÓN DE LAMINAS	0273-0001-0001-0109-000/CONEXIONES DE ESTRUCTURA	0273-0001-0001-0101-000/ENSAMBLE PUERTA CABINA	0273-0001-0001-100-016 lamina exterior	0273-0001-0001-0112-000 VENTANA 2
0273-0001-0001-0100-007 LAMINA INTERIOR	0273-0001-0001-0100-044	COP_TORNILLO_CANCAMO-M16	0273-0001-0001-0100-031/ANGULO SOPORTE DE LAMINA	0273-0001-0001-0109-002 PIEZA ENLACE		0273-0001-0001-0100-017 lamina interior	0273-0001-0001-0100-03B MARCO V
0273-0001-0001-0100-002 TAPA CABINA	0273-0001-0001-0100-003 PLACA UNION	COP_MEGAMEX_520_LAM PARA		0273-0001-0001-0109-003 PLACA UNION			0273-0001-0001-0100-041 TAPA V3
0273-0001-0001-0100-053 LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-0100-027 LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-640-016 BASE INTERLOCK P					COP_STL_TB012-520245 M
0273-0001-0001-0100-011 LAMINA EXTERIOR	0273-0001-0001-0100-02B LAMINA EXTERIOR						0273-0001-0001-0100-042 BASE INTERLOCK V
0273-0001-0001-0100-012 lamina superior	0273-0001-0001-0100-057						0273-0001-0001-0100-043 GUARDA INTER V
							COP_STL_FLEX 1-44519-0710
							0273-0001-0001-0100-052 LAMINA EXTERIOR

Figura B.1. Árbol de componentes de la estructura (Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

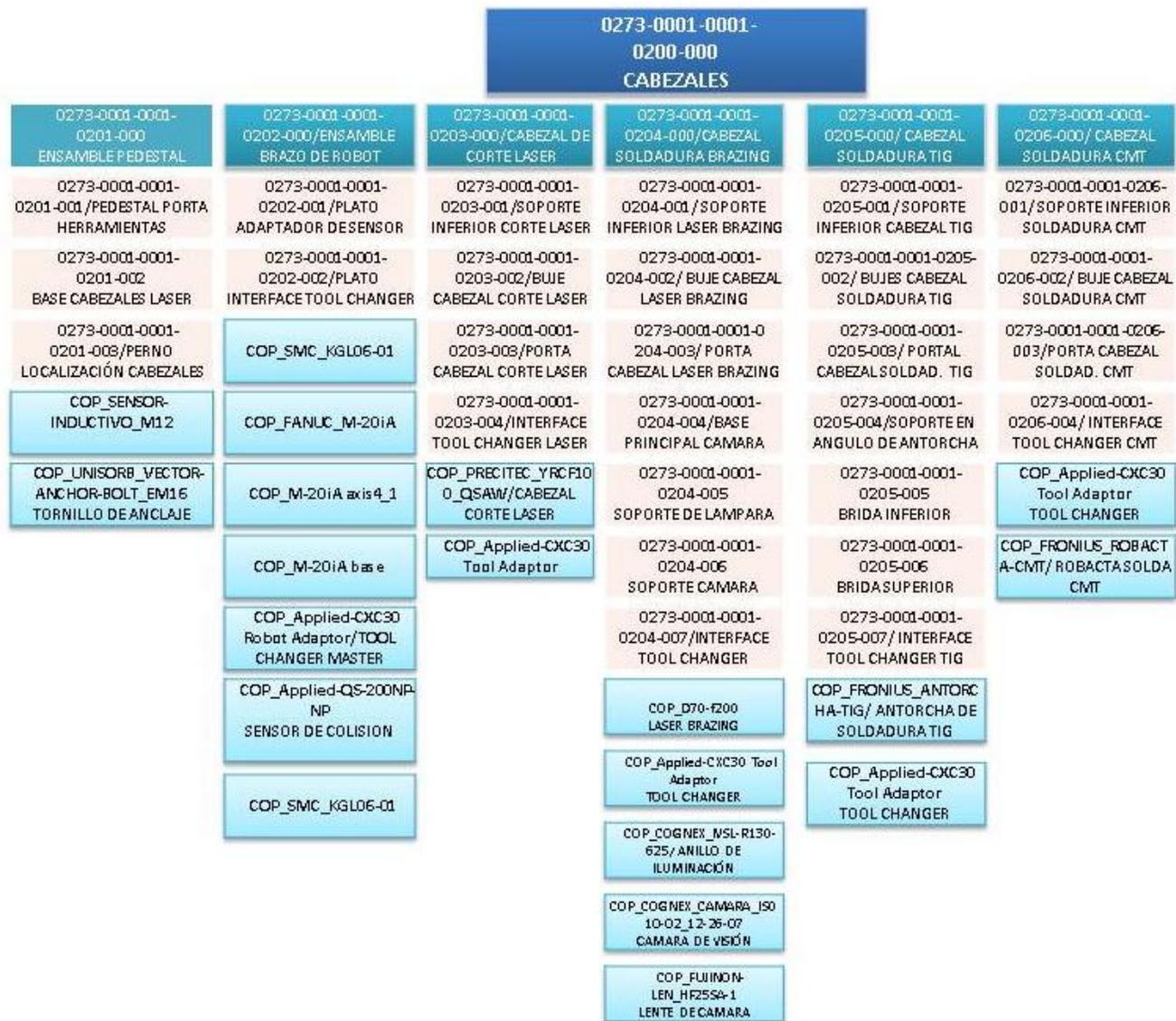


Figura B.2. Árbol de componentes del subsistema cabezales (Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

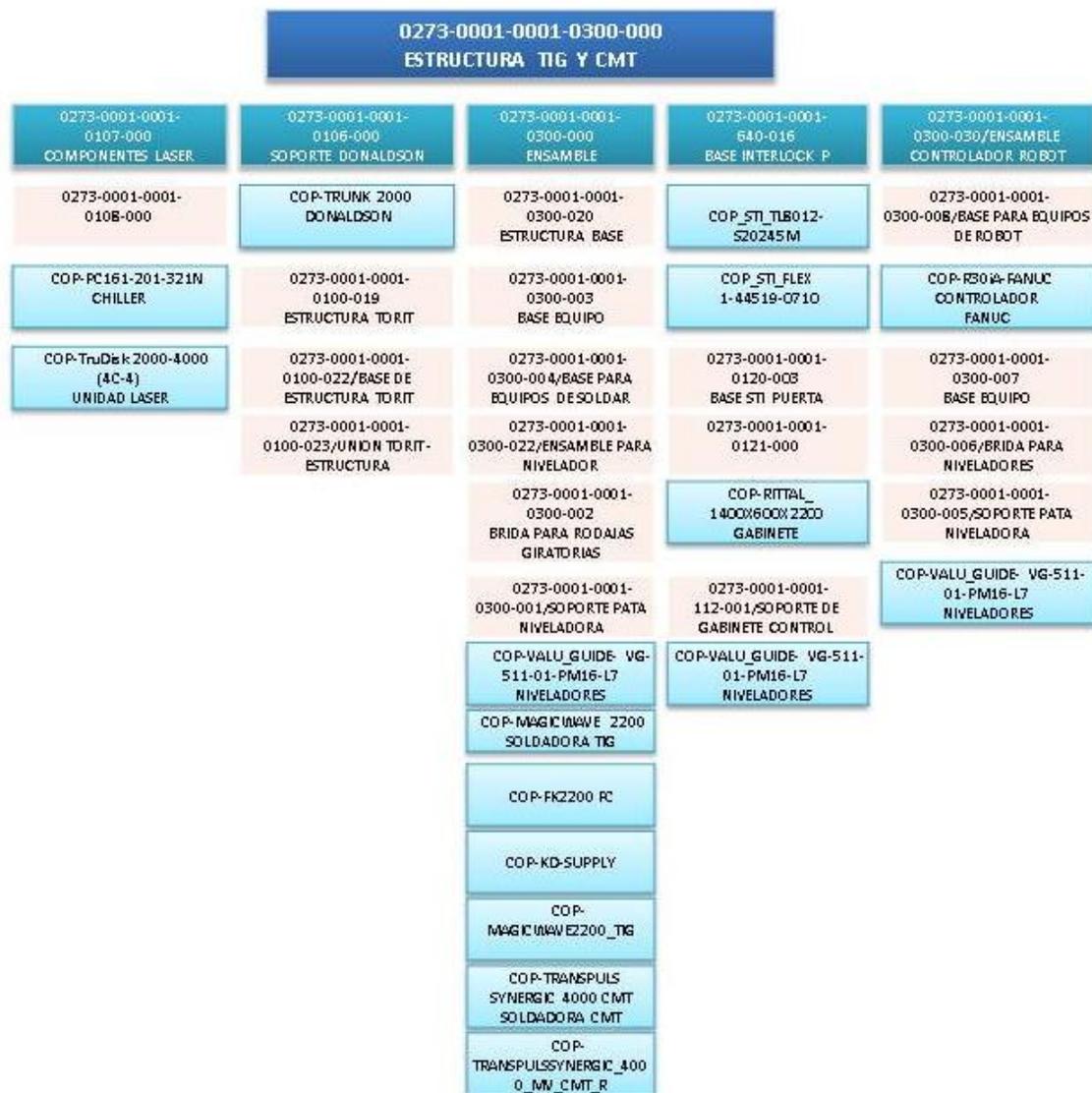


Figura B.3. Árbol de componentes estructura TIG y CMT (Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA

HERRAMENTALES BRAZING ISX 02 E ISX 07					
0273-0001-0001-410-000 HTTAL BRAZING ISX-02	0273-0001-0001-411-000 CLAMP 1 ISX-02	0273-0001-0001-412-000 CLAMP 2 ISX-02	0273-0001-0001-420-000 HTTAL BRAZING ISX-07	0273-0001-0001-421-000 HTTAL BRAZING ISX-02	0273-0001-0001-422-000 CLAMP 2 ISX-02
0273-0001-0001-410-001 PLACA BASE HTTAL ISX-02	0273-0001-0001-411-001 CLAMP ISX021	0273-0001-0001-412-001 CLAMP ISX021	0273-0001-0001-410-003 BUJE DE LOCALIZACIÓN FIJO	0273-0001-0001-421-001 CLAMP ISX_07	0273-0001-0001-422-001 CLAMP ISX021
0273-0001-0001-410-002 GUIA B ISX-02	0273-0001-0001-411-002 BASE CLAMP 1	0273-0001-0001-412-002 BASE CLAMP ISX-02-2	0273-0001-0001-410-004 BUJE DE LOCALIZACIÓN FIJO	0273-0001-0001-421-002 BASE CLAMP 1	0273-0001-0001-422-002 BASE CLAMP ISX-07
0273-0001-0001-410-003 BUJE DE LOCALIZACIÓN FIJO	0273-0001-0001-411-003 BARRA CLAMP ISX-02 1	0273-0001-0001-412-003 BARRA CLAMP ISX-02-2	0273-0001-0001-410-006 BASE REFLEX ISX-02	0273-0001-0001-421-003 BARRA CLAMP ISX-02 1	0273-0001-0001-422-003 BARRA CLAMP ISX-07
0273-0001-0001-410-004 BUJE DE LOCALIZACIÓN FIJO	0273-0001-0001-411-004 BARRA UNIÓN ISX-02-1	0273-0001-0001-412-004 CIERRER ISX01	0273-0001-0001-420-001 PLACA BASE HTTAL ISX-02 H	0273-0001-0001-421-004 DATUM OVALADO	0273-0001-0001-422-004 CIERRER ISX01
0273-0001-0001-410-005 PERNO FIJACIÓN	0273-0001-0001-411-005 BASE PIVOTE 11	0273-0001-0001-412-005 BASE PIVOTE	0273-0001-0001-420-002 GUIA B ISX-07	0273-0001-0001-421-005 DATUM REDONDO 1	0273-0001-0001-422-005 PIN UNION 2
0273-0001-0001-410-006 BASE REFLEX ISX-02	0273-0001-0001-411-006 DATUM OVALADO	0273-0001-0001-412-006 PIN UNIÓN 2	0273-0001-0001-420-003 PIZADOR	0273-0001-0001-421-006 CIERRER ISX01	0273-0001-0001-422-006 BASE PIVOTE
0273-0001-0001-410-007 SUJECIÓN ISX-02	0273-0001-0001-411-007 DATUM REDONDO 1	0273-0001-0001-412-007 DATUM PLANO	0273-0001-0001-420-004 BASE DE GUÍA	0273-0001-0001-421-007 BASE PIVOTE	0273-0001-0001-422-007 BASE PIVOTE 11
0273-0001-0001-410-008 BASE AISX	0273-0001-0001-411-008 CIERRER ISX01	0273-0001-0001-411-005 BASE PIVOTE 11	0273-0001-0001-420-005 GUÍA PARA SEGURO	0273-0001-0001-421-008 BASE PIVOTE 11	0273-0001-0001-412-007 DATUM PLANO
0273-0001-0001-410-009 GUIAS B1	0273-0001-0001-411-009 BASE PIVOTE	COP-HASCO_TORNILLO HOMBRO M8 X 16	0273-0001-0001-420-006 BASE DE TORNILLO	0273-0001-0001-421-009 BARRA UNION ISX-02-1	COP-HASCO_TORNILLO HOMBRO M8 X 16
0273-0001-0001-410-010 TAPAS	TORNILLO HOMBRO M8 X 16	Circlip DIN 471 - 12 x 1	0273-0001-0001-420-007 TORNILLO DE ARRASTRE	COP-HASCO_TORNILLO HOMBRO M8 X 16	Circlip DIN 471 - 12x 1
0273-0001-0001-410-012 PLACA DE SEGURO	Circlip DIN 471 - 12x 1	COP-BALLUFF_BOS R-3	0273-0001-0001-420-008 SOPORTE DE BRACKET	Circlip DIN 471 - 12x 1	ISX_02
0273-0001-0001-410-013 BRACKET DE PERNO		SEGURO EXT 6MM	0273-0001-0001-420-009 SUJETADOR	ISX_02	
0273-0001-0001-410-014 PERNO SEGURO		COP_CarrLane- M34212SHR anillo lift	0273-0001-0001-420-010 SOPORTE DE PERNO		
0273-0001-0001-410-015 EJE SEGURO		COP CarrLane-M13BS13 buje /PLUNGER	0273-0001-0001-420-011 PERNO DE ANCLAJE		
			0273-0001-0001-420-012 EJE DE PIZADOR		

Figura B.4. Árbol de componentes herramental brazing ISX-02 e ISX-07
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA

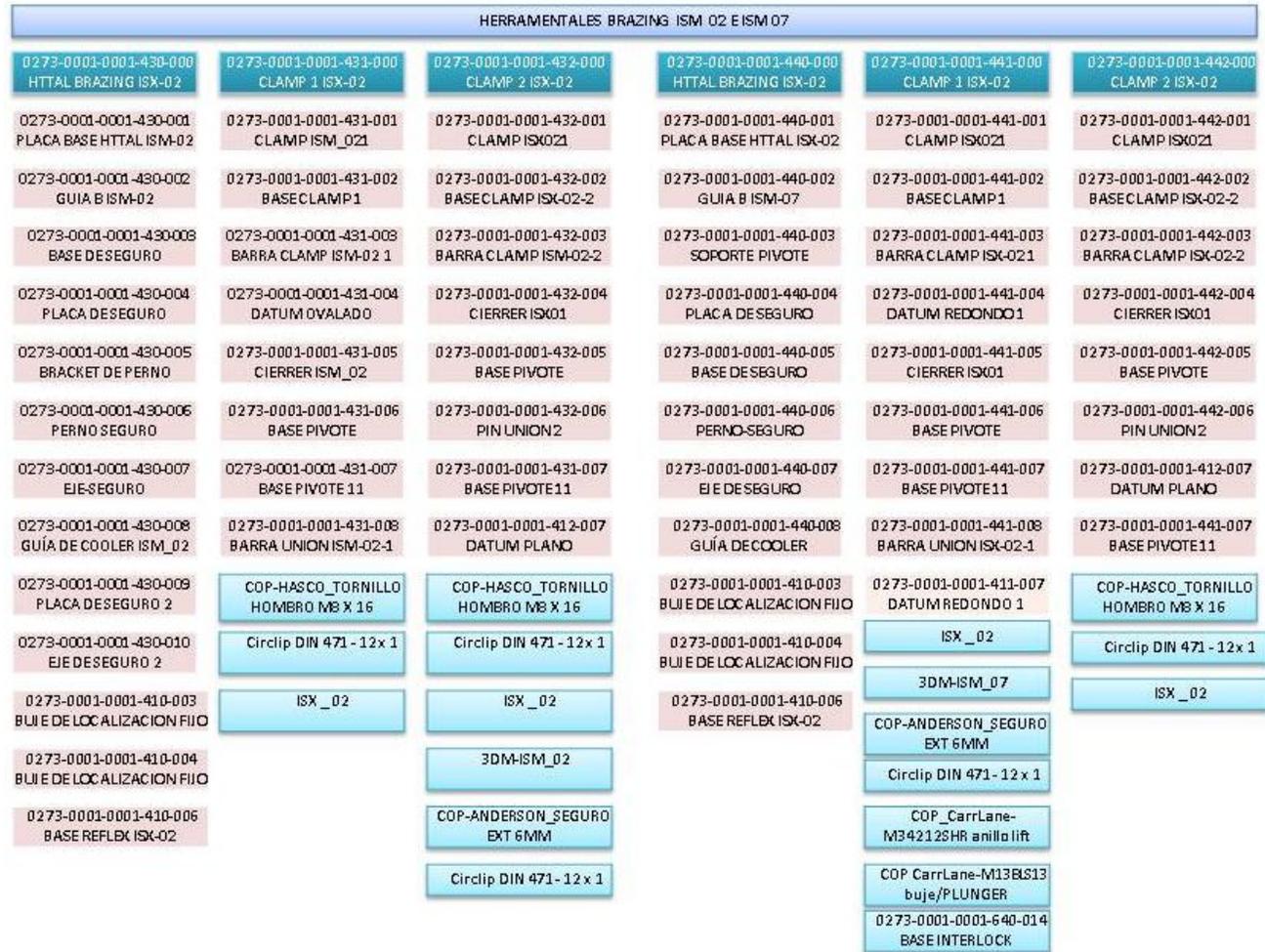


Figura B.5 Árbol de componentes herramental brazing ISM-02 e ISM-07
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA

HERRAMIENTALES CORTE ISM 02 Y 07						
0273-0001-0001-610-000	0273-0001-0001-540-000 HTTAL CORTE ISM-07	0273-0001-0001-541-000 HTTAL TAPA 2 ISX-02	0273-0001-0001-542-000 HTTAL TAPA 2 ISX-02	0273-0001-0001-530-000/HTTAL CORTE ISM-02	0273-0001-0001-531-000/ HTTAL TAPA 2 ISX-02	0273-0001-0001-532-000 HTTAL TAPA 2 ISX-02
0273-0001-0001-600-002 SOPORTE HERRAMIENTALES	0273-0001-0001-540-001/PLACA BASE HTTAL C ISM-07 0273-0001-0001-540-002/PLACA IDENTIFIC. ISM-07	0273-0001-0001-541-001 CLAMP 1 T2 ISX-02 0273-0001-0001-541-002 CLAMP 2 T2 ISX-02	0273-0001-0001-542-001 CLAMP 1 T2 ISX-02 0273-0001-0001-542-002 CLAMP 2 T2 ISX-02	0273-0001-0001-530-001/PLACA BASE HTTAL C ISM-02 0273-0001-0001-530-002/PLACA IDENTIFICACION ISM-02	0273-0001-0001-531-001 CLAMP 1 T2 ISX-02 0273-0001-0001-531-002 CLAMP 2 T2 ISX-02	0273-0001-0001-532-001 CLAMP 1 T2 ISX-02 0273-0001-0001-532-002 CLAMP 2 T2 ISX-02
	0273-0001-0001-540-003 BASE DATUM MO7-1	0273-0001-0001-541-003 CENTRADOR ISX-02-3	0273-0001-0001-542-003 BASE TC1 ISX-02	0273-0001-0001-530-003 BASE DATUM SMO2-1	0273-0001-0001-531-003 BASE TC1 ISX-02	0273-0001-0001-532-003 BASE TC1 ISX-02
	0273-0001-0001-540-004/ DATUM OVALADO 2	0273-0001-0001-541-004 BASE TC1 ISX-02	0273-0001-0001-512-003 CENTRADOR ISX-02-3	0273-0001-0001-530-004 BASE DATUM SMO2-2	0273-0001-0001-512-003 CENTRADOR ISX-02-3	0273-0001-0001-541-003 CENTRADOR ISX-02-3
	0273-0001-0001-540-005 BASE DATUM MO7-2	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1	0273-0001-0001-530-005 DATUM REDONDO 2	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1
	0273-0001-0001-540-006 GUIA C ISM-07-1	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-530-006 GUIA C ISM-02	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE
	0273-0001-0001-540-007 GUIA C ISM-07-2	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1	0273-0001-0001-510-006 DATUM PLANO	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1
	0273-0001-0001-510-005 DATUM REDONDO 1	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS	0273-0001-0001-510-009/BUJE DE LOCALIZACION FIBO	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS
	0273-0001-0001-510-006 DATUM PLANO	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2	0273-0001-0001-510-010/BUJE DE LOCALIZACION FIBO	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2
	0273-0001-0001-510-009/BUJE DE LOCALIZACION FIBO	COP_CarrLane-M6BLPT20	COP_CarrLane-M6BLPT20	3DM-ISM_02	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE
	0273-0001-0001-510-010/BUJE DE LOCALIZACION FIBO	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE	COP-B020_2062-Plastic Door Handle	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC
	3DM-ISM_07	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC		COP_CarrLane-M6BLPT20	COP_CarrLane-M6BLPT20
	COP-B020_2062-Plastic Door Handle					

Figura B.6 Árbol de componentes herramental corte ISM-02 e ISM-07
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

**0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA**

HERRAMENTALES CORTE ISX 02 Y 07					
0273-0001-0001-520-000 HTTAL CORTE ISX-07	0273-0001-0001-521-000 HTTAL TAPA 1 511	0273-0001-0001-522-000 HTTAL TAPA 2 ISX-02	0273-0001-0001-510-000 HTTAL CORTE ISX-02	0273-0001-0001-511-000 HTTAL TAPA 1 511	0273-0001-0001-512-000 HTTAL TAPA 2 ISX-02
0273-0001-0001-520-001 PLACA BASE HTTAL ISX-07	0273-0001-0001-521-001 CLAMP 1 T1 ISX-02	0273-0001-0001-522-001 CLAMP 1 T2 ISX-02	0273-0001-0001-510-001/PLACA BASE HTTAL C ISX-02	0273-0001-0001-511-001 CLAMP 1 T1 ISX-02	0273-0001-0001-512-001 CLAMP 1 T2 ISX-02
0273-0001-0001-520-002 DATUM O VALADO 3	0273-0001-0001-521-002 CLAMP 2 T1 ISX-02	0273-0001-0001-522-002 CLAMP 2 T2 ISX-02	0273-0001-0001-510-002/PLACA IDENTIFICACION ISX-02	0273-0001-0001-511-002 CLAMP 2 T1 ISX-02	0273-0001-0001-512-002 CLAMP 2 T2 ISX-02
0273-0001-0001-520-003 BASE DATUM X07-1	0273-0001-0001-521-003 BASE T1 ISX-02	0273-0001-0001-522-003 BASE TC1 ISX-02	0273-0001-0001-510-003 BASE DATUM X02-1	0273-0001-0001-511-003 CENTRADOR ISX-02-1	0273-0001-0001-512-003 CENTRADOR ISX-02-3
0273-0001-0001-520-004 GUIA C ISX-07	0273-0001-0001-511-003 CENTRADOR ISX-02-1	0273-0001-0001-512-003 CENTRADOR ISX-02-3	0273-0001-0001-510-004 DATUM O VALADO 1	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1	0273-0001-0001-512-004 BASE TC1 ISX-02
0273-0001-0001-520-005 BASE DATUM X07-2	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1	0273-0001-0001-510-005 DATUM REDONDO 1	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-004 BUJE CENTRADOR 1
0273-0001-0001-520-006/PLACA IDENTIFICACION ISX-07	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-510-006 DATUM PLANO	0273-0001-0001-511-006 BASE T1 ISX-02	0273-0001-0001-511-005 BARRA AJUSTE
0273-0001-0001-510-005 DATUM REDONDO 1	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1	0273-0001-0001-510-007 GUIA C ISX-02	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1	0273-0001-0001-511-007 BUJE PT1
0273-0001-0001-510-006 DATUM PLANO	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS	0273-0001-0001-510-008 BASE DATUM X02-2	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS	0273-0001-0001-511-009 MANUA TAPAS
0273-0001-0001-510-009/BUJE DE LOCALIZACION FIJO	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2	0273-0001-0001-510-009/BUJE DE LOCALIZACION FIJO	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2	0273-0001-0001-511-010 BUJE PT 2
0273-0001-0001-510-010/BUJE DE LOCALIZACION FIJO	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-510-010/BUJE DE LOCALIZACION FIJO	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE	0273-0001-0001-511-011 PERILLA BARRA AJUSTE
30M-ISX_07	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC	ISX_02	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC	0273-0001-0001-511-012 PERILLA HC
COP-8020_2062-Plastic Door Handle	COP_CarrLane M6BLPT20	COP_CarrLane M6BLPT20	COP-8020_2062-Plastic Door Handle	COP_CarrLane M6BLPT20	COP_CarrLane M6BLPT20
				ISX_02	0273-0001-0001-512-005 SUJECION ISX-02

Figura B.7. Árbol de componentes herramental corte ISX-02 e ISX-07
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA

0273-0001-0001-620-000 BASE HTTALES BRAZING	0273-0001-0001-650-000/ENSAMBLE GRAL. SISTEMA ENGRANAJE		0273-0001-0001-652-000 ENSAMBLE ENGRANAJE PRINCIPAL		0273-0001-0001-657-000 ENSAMBLE MECANISMO DE CIERRE	
0273-0001-0001-620-001	0273-0001-0001-651-000 ENSAMBLE TRANSMISIÓN	COP_SKF_3204 A-ZZ MT33 RODAMIENTOS DE BOLLAS CONTACTO ANGULAR.	0273-0001-0001-652-001/PLACA PORTA HERRAMIENTALES	COP_PERNO DOWELL M5 1	0273-0001-0001-657-014 BUJE RETEN	Socket Head Cap Screw_AM
0273-0001-0001-620-002 BASE BUJE F	0273-0001-0001-651-001 FLECHAS PRINCIPALES	COP_SKF_MB4 ARANDELA DE FIJACIÓN	0273-0001-0001-652-002/INSERTO INFERIOR DE ENGRANE	COP_RESORTE A TORSION IQ	0273-0001-0001-657-013 TAPA PARA BUJE	Co-p-IKO_LM 81517
0273-0001-0001-620-003 BASE SENSORES BRAZING	0273-0001-0001-651-002 SO PORTE CHUMACERAS	COP_SKF_KM4 TUERCA DE FIJACIÓN	0273-0001-0001-652-003/BARRAS UNION DE ENGRANES	COP_RESORTE A TORSION	0273-0001-0001-657-012 BASE DE BUJES	Co-p-IKO_LM 122130
0273-0001-0001-620-005 SO PORTE CB	0273-0001-0001-651-003 PIEZA BIPARTIDA INFERIOR	COP_SMC_CDQ2A20-30D- M9B-U06US CILINDRO DE LIBERACIÓN	0273-0001-0001-652-004/SO PORTE 1 APERTURA ENGRANE	HM18201200 Part Setup Template	0273-0001-0001-657-011 CUÑA EXT	Co-p-LeeSpring-LCM
0273-0001-0001-620-006 UNION B	0273-0001-0001-651-004 PIEZA BIPARTIDA SUPERIOR	200, 20, M9B	0273-0001-0001-652-005/SO PORTE 2 APERTURA ENGRANE	COP_MISUMI_STRIPPER_BOLT _MS/TORNILLO DE HOMBRO MS	0273-0001-0001-657-010 PIEZA DE CIERRE 2	EPC-M3-4 Dowel Pins - Metric ISO Z338_TOLERANCE m6
0273-0001-0001-620-007 SO PORTE CB2	0273-0001-0001-651-005/SO PORTE BLOQUEO DE GIRO	AS1301F-M5-06	0273-0001-0001-652-006/SO PORTE 3 APERTURA ENGRANES		0273-0001-0001-657-009 PIEZA DE CIERRE	
0273-0001-0001-620-008 SO PORTE UB	0273-0001-0001-651-006 PERNO BLOQUEADOR	13-M5-06	0273-0001-0001-652-007/SO PORTE 4 APERTURA ENGRANE		0273-0001-0001-657-008 INTERFACE A ENGRANE 2	
0273-0001-0001-620-011 PERNO B	0273-0001-0001-651-007 BUJE DE BRONCE	CDQ2A20- 30D-M9B-U06US_ BQ2-012	0273-0001-0001-652-008 ENGRANE INFERIOR DER.		0273-0001-0001-657-007 INTERFACE A ENGRANE	
0273-0001-0001-620-012 BASE BUJE M	0273-0001-0001-651-014/FLECHA ENGRANE CAMBIO DE GIRO	COP_MARTIN_600L_BANDA BANDA SINCRONIZADORA DENTADA	0273-0001-0001-652-009 ENGRANE INFERIOR IQ		0273-0001-0001-657-006 PLACA ARTICULACION	
CDQ2A25-35D- M9PSAPC-R06US	0273-0001-0001-651-015/SO PORTE 1 ENGRANE CAMBIO GIRO	COP_MARTIN _18H100_POLEA_	0273-0001-0001-652-010 ENGRANE SUPERIOR DER.		0273-0001-0001-657-005 PLACA DE EMPUJE	
Z50 Z5 M9P	0273-0001-0001-651-016/SO PORTE 2 ENGRANE CAMBIO GIRO	COP_MARTIN_20L100	0273-0001-0001-652-011 ENGRANE SUPERIOR IQ		0273-0001-0001-657-003 PERNO EMPUJADOR.	
AS1201F-M5-06	0273-0001-0001-651-018/SO PORTE 3 ENGRANE CAMBIO GIRO	COP_SKF_SV1_30 SO PORTE CON RODAMIENTO	0273-0001-0001-652-012 PIN DE SENSADO		0273-0001-0001-657-002 CUÑA	
12-M5-06	0273-0001-0001-651-019/ENGRANE PARA CAMBIO DE GIRO	COP_ANILLO_EXTERIOR SEGURO PARA EXTERIOR	0273-0001-0001-652-015 PERNO PARA SENSOR.		0273-0001-0001-657-001 CILINDRO MECANISMO	
CDQ2A25-35D-M9PSAPC- R06US_BQ2- 012	0273-0001-0001-651-020 ENGRANE EN FLECHAS		0273-0001-0001-652-016 PERNO			
COP_BALLUF_BES_M12MF1_P SC30A_S04G- W Sensor						
COP-CarrLane-M13BLRV						

Figura B.8. Árbol de componentes centro de trabajo
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA

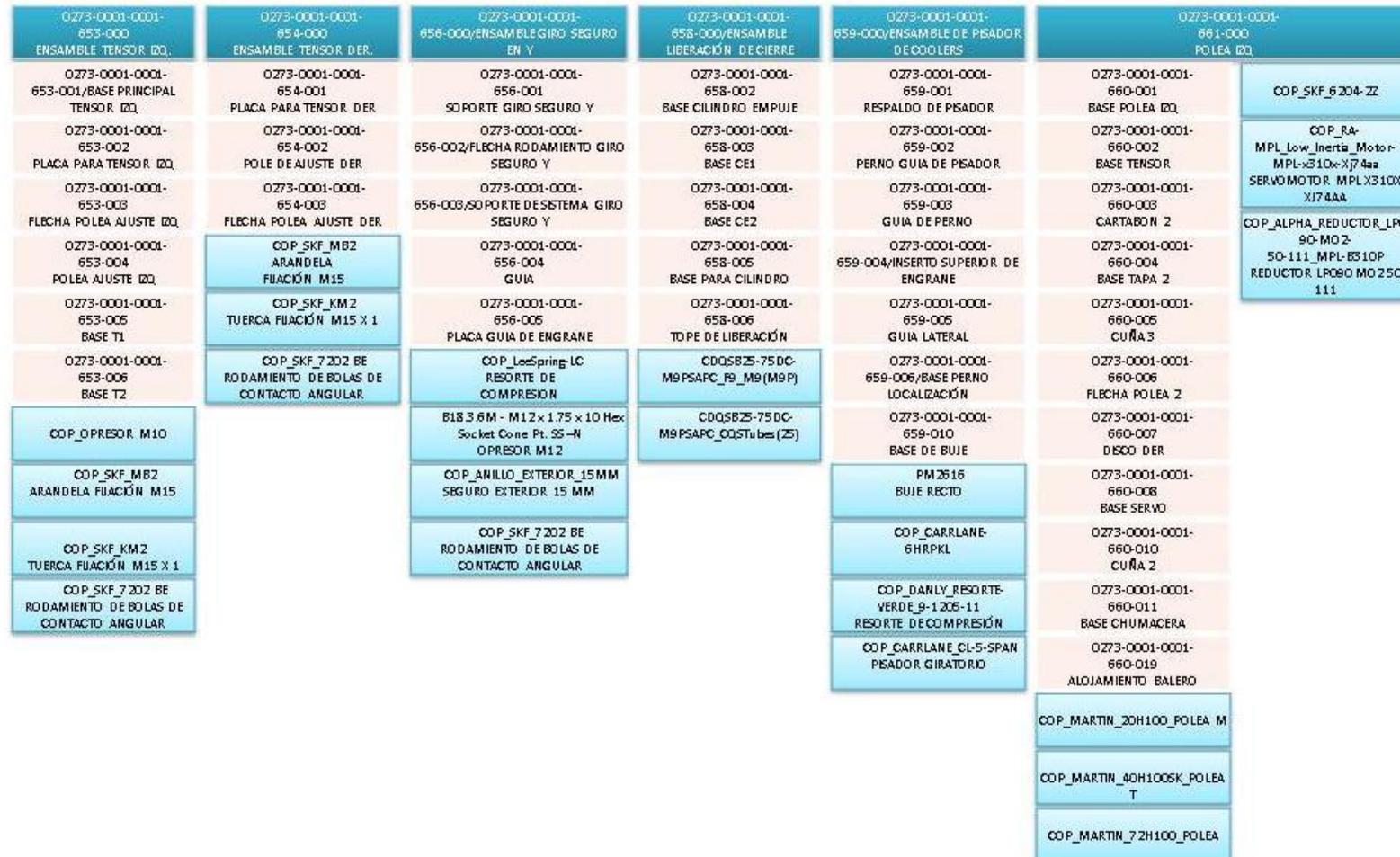


Figura B.9. Árbol de componentes centro de trabajo
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA

0273-0001-0001-662-000 POLEA DERECHA	0273-0001-0001-617-000 SISTEMA DE SENSADO	0273-0001-0001-612-000 SISTEMA DE SENSADO	0273-0001-0001-680-000 ENS. MAMPARAS			
0273-0001-0001-660-010 CUÑA 2	0273-0001-0001-610-036 BASE SENSOR CIERRE	0273-0001-0001-610-005 SOPORTE	0273-0001-0001-641-000 ENS MAMPARA 1	0273-0001-0001-643-000 GUARDA BARRERAS 1	0273-0001-0001-642-000 ENS. MAMPARA 2	0273-0001-0001-644-000 GUARDA BARRERAS 2
0273-0001-0001-660-011 BASE CHUMACERA	0273-0001-0001-610-035 BASE SENSOR CIERRE 2	0273-0001-0001-610-033 BASE SENSOR HTTAL H2	0273-0001-0001-640-001 MAMPARA 1	0273-0001-0001-640-006 GUARDA B1	0273-0001-0001-640-001 MAMPARA 1	0273-0001-0001-640-011 GUARDA B3
0273-0001-0001-660-012 BASE POLEA DER	0273-0001-0001-610-030 BASE CIERRE	0273-0001-0001-610-034 BASE SENSOR HTTAL H	0273-0001-0001-640-003 BASE PATAS	0273-0001-0001-640-007 GUARDA B2	0273-0001-0001-640-003 BASE PATAS	0273-0001-0001-640-012 GUARDA B4
0273-0001-0001-660-013 CARTABON 1	0273-0001-0001-614-000 SIST. SENSADO	COP_BALLUF_BES_M12MF1_PSC30A_S04G-W Sensor	0273-0001-0001-640-004 SOPORTE GUARDA	3 842535 694	0273-0001-0001-640-004 SOPORTE GUARDA	3 842535 694
0273-0001-0001-660-014 FLECHA POLEA 1	0273-0001-0001-610-007 BASE	0273-0001-0001-613-000 SISTEMA DE SENSADO	0273-0001-0001-640-005 BASE FRENTE	Rexroth-3 842535 694_Ajustable Hinges 1	0273-0001-0001-640-005 BASE FRENTE	Rexroth-3 842535 694_Ajustable Hinges 1
0273-0001-0001-660-015 DISCO DQ	0273-0001-0001-610-008 SOPORTE	0273-0001-0001-610-011 SOPORTE	0273-0001-0001-640-008 LEXAN 1110	Rexroth-3 842535 694_Heavy Hex Flange Screw_AM	0273-0001-0001-640-008 LEXAN 1110	Rexroth-3 842535 694_Heavy Hex Flange Screw_AM
0273-0001-0001-660-016 BASE TAPA 2	0273-0001-0001-610-009 GUARDA	0273-0001-0001-610-014 GUARDA	0273-0001-0001-640-009 LEXAN 410	Rexroth-3 842535 694_washer	0273-0001-0001-640-009 LEXAN 410	Rexroth-3 842535 694_washer
0273-0001-0001-660-019 ALOJAMIENTO BALERO	COP-Balluff_bos_6k_nu_1qc_s75_f	0273-0001-0001-610-019 BASE REFLEX PC	0273-0001-0001-640-010 MAMPARA 1	Rexroth-3 842535 694_Hinge Pin	0273-0001-0001-640-010 MAMPARA 1	Rexroth-3 842535 694_bush
COP_MARTIN_72H100_POLEA	0273-0001-0001-606-000 GUARDA SENSOR BRAZING	COP-BALLUFF_BOS R-3	0273-0001-0001-640-013 SOPORTE INTERMEDIO	Rexroth-3 842535 694_40Series	0273-0001-0001-640-013 SOPORTE INTERMEDIO	Rexroth-3 842535 694_Hinge Pin
COP_SKF_6204-ZZ	0273-0001-0001-610-010 GUARDA SBDC3	COP-Balluff_bos_6k_nu_1qc_s75_c		Co-p-Bosch-Rexroth-DEFAULT		Rexroth-3 842535 694_40Series
	0273-0001-0001-610-049 GUARDA SBDC2	0273-0001-0001-616-000 SISTEMA DE SENSADO		COP_BANNER_LPA-MBK-12_side mounting bracket		Rexroth-3 842535 694_Screw
	0273-0001-0001-610-048 GUARDA SBDC	COP_BALLUF_BES_M12MF1_PSC30A_S04G-W Sensor		COP_BANNER_SLPCP14-410PSS_cortina410		Rexroth-3 842535 694_45Series
		0273-0001-0001-610-018 BASE SENSOR		COP_BANNER_SLPCP14-1110PSS_cortina1110		Rexroth-3 842535 694_bush1
		0273-0001-0001-610-031 BASE SENSOR H2				COP_BANNER_LPA-MBK-12_side mounting bracket
		0273-0001-0001-610-032				COP_BANNER_SLPCP14-1110PSS_cortina1110

Figura B.10 Árbol de componentes centro de trabajo
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI).

**0273-0001-0001-600-000
CENTRO DE TRABAJO CELDA**

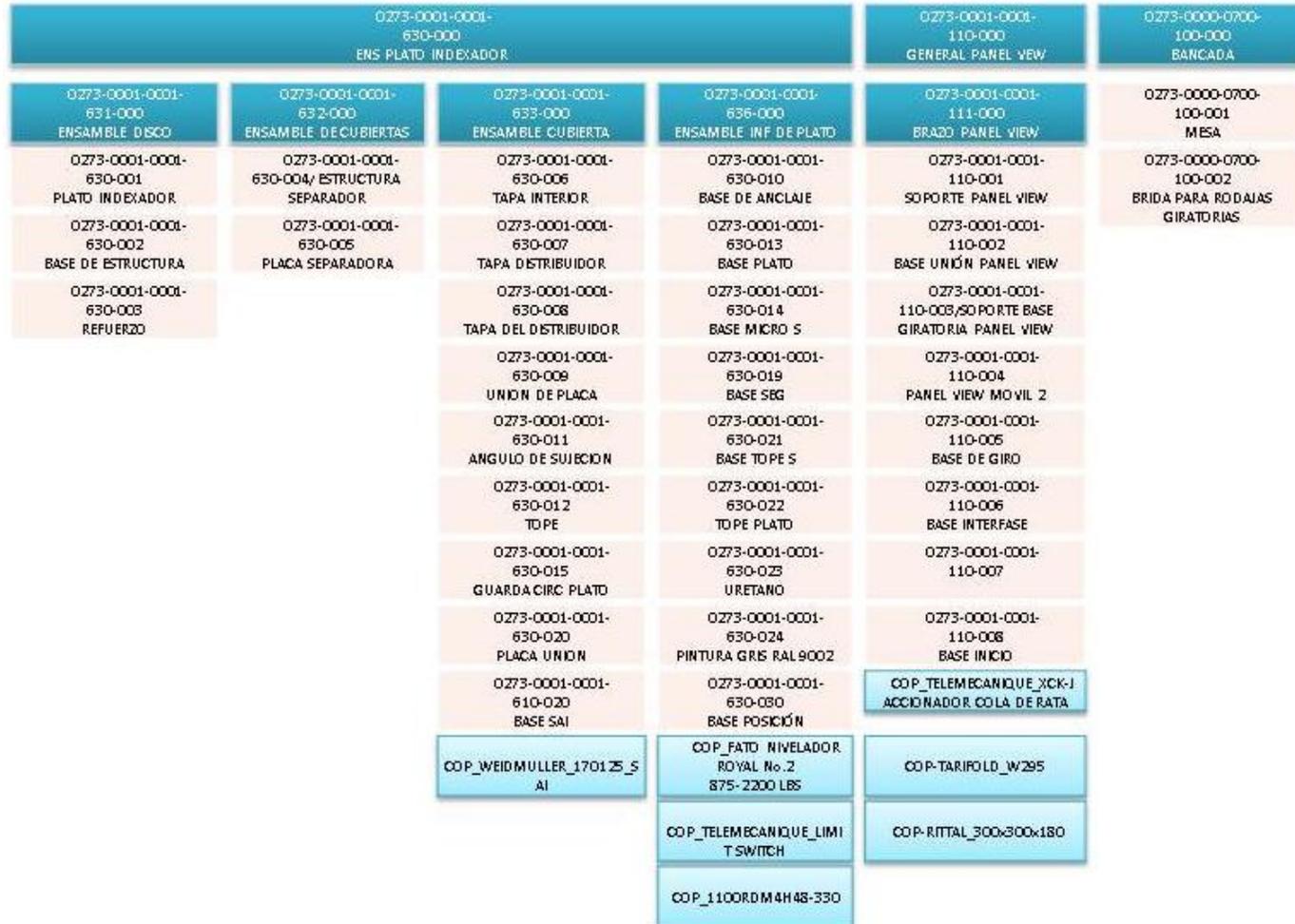


Figura B.11. Árbol de componentes centro de trabajo
(Fuente: elaboración propia con información de CIDESI)

Glosario de términos

Falla: es un evento importante que ocurre sobre un producto o proceso que hace que éste se salga abrupta o paulatinamente fuera de servicio, provocando toda clase de acciones improductivas que se reflejan en el costo y en el comportamiento productivo de los sistemas. Las fallas pueden ser causadas por agentes externos o internos y la función esencial de un sistema de confiabilidad es detectar esas fuentes y poner control sobre ellas.

Razón de falla o daño: es la razón de cambio del número de unidades que han fallado en una prueba de laboratorio o de campo sobre el número de unidades que han sobrevivido a esa prueba en un cierto periodo de tiempo.

Tiempo medio entre falla (MTBF): es el tiempo medio ocurrido entre fallas sucesivas de un producto reparables. Sea que existe un periodo de tiempo en el que el producto o pieza fallada es reparada.

Tiempo medio de falla (MTTF): es el tiempo medio transcurrido para la falla de un producto o pieza reparable.

Tiempo medio de primera falla (MTFF): es el tiempo medio transcurrido para la primera falla de un producto reparable.

Vida útil: es el periodo en que una unidad de producto funciona con una razón de falla que se considera aceptable por parte del cliente.