

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA
METALMECÁNICA INDUSTRIAS NICROBARRANCA**

MONICA ANDREA MOYA ALZATE

RAFAEL ANTONIO RONDÓN CASTRO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2017

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA
METALMECÁNICA INDUSTRIAS NICROBARRANCA**

MONICA ANDREA MOYA ALZATE

RAFAEL ANTONIO RONDÓN CASTRO

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Director

PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO

MSc. Ingeniería mecánica

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

A Dios,

*Por enseñarme a vivir con fe,
a seguir adelante a pesar de la incertidumbre y,
por mostrarme su gracia en cada etapa del camino
encontrando a las personas ideales para superar cada obstáculo*

A mis Padres, Carmen Cecilia y Orlando, y mi hermana Natalia

*Quienes con su apoyo incondicional y eterno amor
me motivan a ser la mejor versión de mí misma y dejar a un lado mis temores*

A Rafael,

*Cuyo amor y paciencia
me inspiran a salir de mi zona de confort y alcanzar nuevos horizontes*

Al profesor Leónidas Vásquez,

*Quien plantó una semilla de “visión y potencial” en mi corazón
Y me ayudó a entender que crecer es un proceso que se da poco a poco...*

DEDICATORIA

A Dios

Por darme todas las herramientas para poder labrar mi camino
Alentándome a cada paso y permitiéndome llegar hasta este punto.

A mis Padres

Rafael Antonio y María Inés quienes lo han dado todo por mi
Haciendo más fácil cada momento de mi vida

Apoyándome hasta el último instante
y que sin ellos nada de esto sería posible

A mis Hermanos

Yuli, Fredy y Diana quienes han sido pilares de ejemplo y admiración
Que son mis consejeros de vida y ayudas incondicionales
Regalándome su experiencia y conocimientos inigualables

A Mónica Andrea

Quien ha sido mi guía durante esta etapa de mi vida
Dándome aliento para continuar
Brindándome nuevas metas para alcanzar y poder llegar más lejos
Compartiendo su conocimiento y ayuda sin condición

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el fruto del esfuerzo y dedicación no sólo de los autores sino de personas como nuestro director Pedro José Díaz, quien estuvo atento a prestarnos su consejo y criterio para desarrollar con excelencia los objetivos propuestos.

También, expresamos nuestros agradecimientos al personal de la empresa Industrias Nicrobarranca, por su disposición y ayuda en el desarrollo de las actividades necesarias para la ejecución y culminación del presente proyecto.

Por último, queremos agradecer al Ingeniero Sergio Hernando Terán, quién nos brindó parte de su experiencia y conocimiento en el sector metalmecánico para consolidar la información presentada.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	22
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	23
2. OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GENERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3. MARCO TEORICO	26
3.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	26
3.2 MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	28
3.3 ÍNDICES DE CLASE MUNDIAL.....	32
3.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	34
4. AUDITORÍA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS NICROBARRANCA	37
4.1 RESULTADOS DE LA AUDITORÍA.....	38
4.2 RECOMENDACIONES PERSONAL DE LA EMPRESA.....	42
5. REQUISITOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE INDUSTRIAS NICROBARRANCA	44
5.1 DEFINICIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN...44	
5.2 PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS PARA CUMPLIMIENTO DE CARACTERISTICAS	46

6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM	49
6.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	49
6.1.1 Preliminares	49
6.1.2 Inventario de equipos y codificación	51
6.1.2 Análisis de criticidad para jerarquización de activos.	52
6.2 DEFINICIÓN DE LOS SUB-SISTEMAS	55
6.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONALES CON SUS RESPECTIVOS SUBSISTEMAS.....	56
6.3.1 Descripción del sistema.	56
6.3.2 Diagrama Funcional.....	59
6.3.3 Estructura del sistema y sus componentes principales.....	60
6.4 FUNCIONES DEL SISTEMA Y FALLAS FUNCIONALES	60
6.5 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y SUS EFECTOS	63
6.5.1 Análisis de criticidad por subsistemas.....	63
6.5.1 Matriz de Falla Funcional por componentes/equipos.....	63
6.5.2 Análisis FMEA o AMEF.....	65
6.6 ANÁLISIS DEL ÁRBOL LÓGICO.....	69
6.7 SELECCIÓN DE TAREAS	70
7. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTACIÓN DE INDUSTRIAS NICROBARRANCA (SIPAMIN).....	78
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DISEÑADO.....	78
7.2 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA SISTEMA DE INFORMACIÓN	79
7.3 APLICACIÓN DE ESCRITORIO.....	81
7.3.1 Diagramas de flujo.....	81

7.3.2 Entradas de información.....	81
7.3.3 Salidas del sistema.....	82
7.3.4 Funciones de las GUI.....	85
7.4 APLICACIÓN MOVIL.....	89
7.4.1 Entradas de información.....	89
7.4.2 Salidas del sistema.....	91
7.4.3 Funciones básicas de las GUI.....	93
7.5 Índices de clase mundial.....	94
8. ANÁLISIS FINANCIERO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	97
8.1 BENEFICIOS ESPERADOS.....	97
8.2 ANÁLISIS DE COSTOS.....	97
9. CONCLUSIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Auditoría de Mantenimiento	38
Tabla 2. Observaciones de auditoría de mantenimiento	39
Tabla 3. Inventario actualizado para línea de mecanizado	51
Tabla 4. Factores para cálculo de criticidad.....	54
Tabla 5. Subsistemas de los equipos críticos	56
Tabla 6. Descripción de los sistemas.....	57
Tabla 7. Fallas Funcionales de los subsistemas.....	61
Tabla 8. Criticidad por subsistemas ME-TP-02.....	63
Tabla 9. Modos y efectos de falla de ME-TP-02.	66
Tabla 10. Clasificación de fallas en análisis de árbol lógico	69
Tabla 11. Resultados de LTA y selección de tareas de ME-TP-02.....	71
Tabla 12. Plan de Mantenimiento Ajustado con RCM para Torno ME-TP-02.....	76
Tabla 13. Clasificación de Costos.....	98
Tabla 14. Análisis de Costos antes de SIPAMIN	98
Tabla 15. Análisis de Costos de Mantenimiento con SIPAMIN.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procesos Operacionales según SIG*	20
Figura 2. Fachada de Sede Barrio Ciudad Bolívar.....	21
Figura 3. Estado actual de la maquinaria.....	22
Figura 4. Evolución de las técnicas de mantenimiento.	26
Figura 5. Generaciones del mantenimiento	28
Figura 6. Árbol lógico	30
Figura 7. Diagrama de decisión de tareas	31
Figura 8. Tiempo total programado para producir.....	32
Figura 9. Aspectos considerados en la auditoría de mantenimiento.....	37
Figura 10. Resultados Auditoría de Mantenimiento	38
Figura 11. Ejemplo Hoja de Vida	41
Figura 12. Organigrama de Industrias Nicrobarranca	45
Figura 13. Características y estrategias del Sistema de Información	47
Figura 14. Resultados análisis de criticidad por equipos	55
Figura 15. Diagrama funcional de las máquinas-herramientas analizadas.....	59
Figura 16. Componentes principales de los subsistemas del torno	60
Figura 17. Matriz de fallas funcionales para ME-TP-02	64
Figura 18. Interacción general del sistema de información.....	78
Figura 19. Flujo de datos ingresando desde el móvil.....	80
Figura 20. Flujo de datos ingresando desde el ordenador.....	80
Figura 21. Entradas de información a la aplicación de escritorio.....	83
Figura 22. Salidas de información a la aplicación de escritorio	84
Figura 23. Formato de ficha técnica.....	87
Figura 24. Inspección Diaria	88
Figura 25. OTM General	88
Figura 26. Código QR para la descarga de la aplicación móvil	89
Figura 27. Entradas de información a aplicación móvil.....	90
Figura 28. Salidas del sistema de la aplicación móvil	92

Figura 29. Cálculo de índices de gestión de equipos.....94
Figura 30. Cálculo de índices de gestión de costos.....96

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Auditoria del mantenimiento	105
Anexo B. Componentes principales de sistemas analizados	113
Anexo C. Criticidad Para Subsistemas	115
Anexo D. Matriz funcional para cada equipo	116
Anexo E. Análisis y modos y de falla AMEF para equipos críticos restantes.....	119
Anexo F. Análisis Árbol lógico y selección de tareas	133
Anexo G. Acciones de mantenimiento	154
Anexo H. Diagramas de flujo Aplicación de escritorio.....	158
Anexo I. Diagramas de flujo aplicación Móvil.....	167

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA METALMECÁNICA INDUSTRIAS NICROBARRANCA

AUTORES: MONICA ANDREA MOYA ALZATE **
RAFAEL ANTONIO RONDÓN CASTRO**

PALABRAS CLAVES: SISTEMA DE INFORMACIÓN, CMMS, MANTENIMIENTO, METALMECÁNICA, APLICACIÓN DE ESCRITORIO, APLICACIÓN MÓVIL

DESCRIPCIÓN:

La empresa INDUSTRIAS NICROBARRANCA, basa su actividad comercial en la fabricación, reparación y rectificación de piezas para equipos industriales. Con más de 25 años de servicio, la empresa cuenta con diversas certificaciones de calidad. Si bien las actividades de mantenimiento se encuentran enmarcadas dentro del Sistema Integrado de Gestión de la empresa, la gerencia sostiene que la inversión en reparación de maquinaria ha aumentado y consideran que la actividad de mantenimiento es susceptible de mejora con el fin de ser más competitivos dadas las necesidades del mercado. Consecuentemente, los autores realizaron una auditoría en la cual se estableció que la empresa requería contar con un sistema de información para la administración del mantenimiento, con la cual se optimizara el proceso de registro de datos y documentación con el fin de centralizar la información respecto al mantenimiento y contar con un recurso útil para la toma de decisiones. Así mismo, el plan de mantenimiento preventivo actual debía ser revisado para verificar que las actividades ejecutadas eran las apropiadas. Respecto a las actividades de mantenimiento se aplicó la metodología Mantenimiento basado en Confiabilidad (RCM) a la línea de mecanizado, ya que económicamente, es la más significativa de la empresa. Se realizó la actualización del inventario, se unificó la codificación de la maquinaria, y por medio de análisis de criticidad se jerarquizaron los activos de la línea de mecanizado. A través de diversos análisis de funciones del sistema y, de modos y efectos de falla, se seleccionaron las tareas que permitieron optimizar el plan de mantenimiento preventivo. Respecto al sistema de información, se optó por el diseño e implementación de una aplicación de escritorio y una aplicación móvil, las cuales se complementan para constituir una solución adecuada a la captura, almacenamiento, y procesamiento de información relevante para la gestión administrativa de la empresa.

*Trabajo de grado.

**Universidad Industrial de Santander; Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ingeniero Pedro José Díaz., MSc.

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE ADMINISTRATION OF THE MAINTENANCE OF THE METALMECANIC COMPANY INDUSTRIAS NICROBARRANCA *

AUTHORS: MONICA ANDREA MOYA ALZATE **
RAFAEL ANTONIO RONDÓN CASTRO**

KEY WORDS: Preventive Maintenance, Criticality Analysis, FMECA, Information System, HAZOP

DESCRIPTION:

The company INDUSTRIAS NICROBARRANCA, bases its commercial activity on the manufacture, repair and rectification of parts for industrial equipment. With more than 25 years of service in the city, the company has several quality certifications. Although the maintenance activities are framed within the Integrated Management System of the company, management maintains that the investment in repair of machinery has increased and the company considers, given the market needs, that the maintenance activity is susceptible of improvement in order to be more competitive. Consequently, the authors carried out an audit in which, it was established, that the company required an Computer Maintenance Management Software, which would optimize the process of recording data and documentation in order to centralize the information regarding maintenance and have useful information to make decisions. Also, the preventive maintenance plan should be reviewed to verify that the activities carried out were appropriate. Regarding maintenance activities, the Reliability-Based Maintenance (RCM) methodology is applied to the machining line, since it is the most significant in the company. Inventory updating was performed, the machinery coding was unified and the criticality analysis medium was hierarchized the assets of the machining line. Through various analyzes of system functions, modes and fault effects, the tasks that optimized the preventive maintenance plan were selected. Regarding the information system, the design and implementation of a desktop application and a mobile application were chosen, which is complemented to constitute an adequate solution for the capture, storage and processing of information relevant to decision making.

*Degree Project.

**Universidad Industrial de Santander; Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Director: Ingeniero Pedro José Díaz., MSc.

INTRODUCCIÓN

El proyecto presentado en este documento está relacionado una ocupación inherente al desarrollo de la actividad industrial: el *mantenimiento*. Si bien, la palabra *mantenimiento* es utilizada de frecuentemente en diferentes ámbitos cotidianos, su correcta implementación va más allá de tareas puramente operativas, e involucra la administración adecuada para el cuidado de los activos representativos de las empresas con el fin de optimizar recursos, procesos y garantizar el correcto funcionamiento y aprovechamiento de máquinas y equipos. Es así como la administración del mantenimiento, implica la recolección no sólo de datos concernientes a las máquinas y equipos, sino a la interpolación de éstos con factores tales como costos e indicadores que permitan a la gerencia determinar acciones respecto a sus actividades. Hoy en día, las herramientas informáticas han evolucionado para facilitar la forma de captar, almacenar y procesar los datos pertinentes a la toma de decisiones de mantenimiento.

El enfoque del presente proyecto se orientó a la administración de mantenimiento como herramienta fundamental en la toma de decisiones a nivel gerencial de una empresa santandereana. Para ello, se diseñó e implementó un Sistema de Información para la administración del Mantenimiento de la empresa Industrias Nicrobarranca la cual cuenta con una trayectoria de más de 25 años prestando servicios de metalmecánica en la ciudad de Barrancabermeja.

En el primer capítulo se describe la problemática de la empresa Industrias Nicrobarranca y en el siguiente se definen los objetivos para la solución de la problemática de la administración del mantenimiento en dicha empresa. En el tercer capítulo se presenta un breve marco teórico de la evolución del mantenimiento y el mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), el cual es una metodología aplicada para verificar y complementar las actividades de mantenimiento que realiza la empresa. En el capítulo 5, se presentan los resultados de la auditoría de

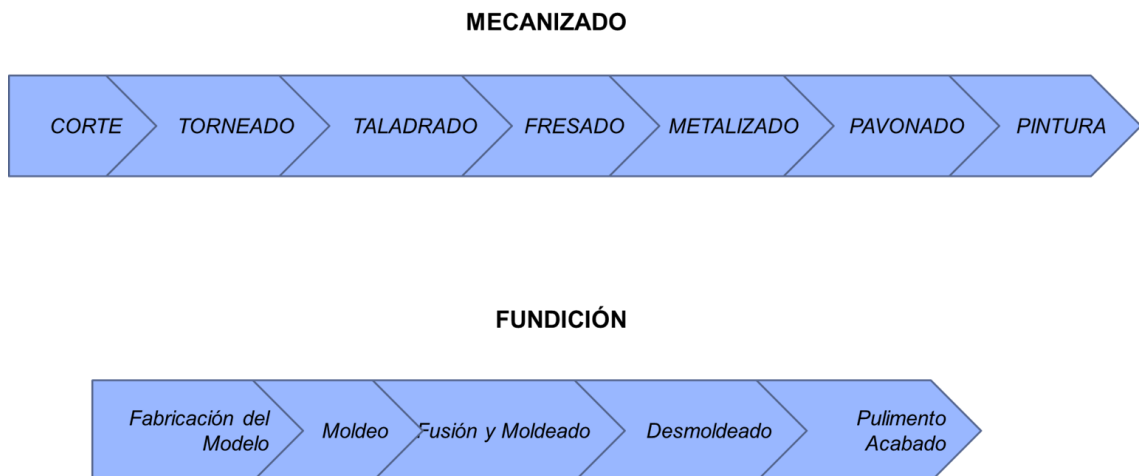
mantenimiento realizada a la empresa, en la cual, se tuvo en cuenta la opinión del personal de la empresa para definir los requisitos que debía poseer el sistema de información el cual es mostrado en el capítulo 6. En el capítulo 7, se exponen los pasos y resultados obtenidos de la aplicación del RCM, dentro del cual fue necesario la actualización del inventario de la línea de proceso estudiada, la correcta codificación de las máquinas, el análisis de modos y efectos de falla de los diferentes subsistemas que constituyen los equipos. Como resultado, se definen las recomendaciones a añadir a las actividades de mantenimiento de la empresa. En el capítulo 8, se encuentra la información pertinente al diseño del sistema de información en sus presentaciones de escritorio y aplicación móvil, los cuales corresponden a la solución planteada para solucionar las necesidades propias de una empresa con el tamaño y características de Industrias Nicrobarranca. Por medio de la aplicación móvil, la labor de captar, almacenar y procesar información en una base de datos mejora significativamente. Finalmente, el capítulo 9 presenta un análisis financiero, que proyecta el impacto de la utilización de las herramientas diseñadas en la administración del mantenimiento de la empresa estudiada.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa INDUSTRIAS NICROBARRANCA, basa su actividad comercial en la fabricación, reparación y rectificación de piezas para equipos industriales y para tal fin cuenta con cuatro áreas de producción: mecanizado, fundición, soldadura y procesos electrolíticos, con personal competente y equipos e infraestructura adecuados.¹

Figura 1. Procesos Operacionales según SIG*



Fuente: Autores basados en el *Sistema Integrado de Gestión (SIG)

La empresa cuenta con dos sedes: La sede principal, ubicada en la calle 57 # 32-31, en el Barrio Ciudad Bolívar de Barrancabermeja, (Figura 2), y con una sede ubicada en el barrio Campestre, en la cual se llevan a cabo exclusivamente los procesos de Fundición.

¹ I. Nicrobarranca, "Página Oficial de Industrias Nicrobarranca," <http://www.nicrobarranca.com.co/> 2016.

Figura 2. Fachada de Sede Barrio Ciudad Bolívar



La empresa cuenta con 18 empleados en nómina, y activos cercanos a los COP \$600.000.000. Con más de 25 años de servicio en la ciudad, la empresa cuenta con las certificaciones de calidad ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OSHAS 18001:2007 y NORSOK S-006:2003.

Sin embargo, la organización manifiesta que en los últimos años se ha incrementado la inversión en reparación de maquinaria y reposición de partes mecánicas, eléctricas y electrónicas. De igual forma sostiene que el aumento de tiempo en el mantenimiento correctivo cada vez empeora, retrasando las labores que se han de realizar con la maquinaria que se encuentra detenida en momentos cruciales de producción.

Así mismo, detectan que su mercado objetivo está cada vez más saturado por la competencia que ofrece servicios similares a los de su portafolio, lo que implica que para mantenerse vigentes en la industria deben implementar nuevos procesos que le permitan ser más competitivos y mantener estándares de calidad que les posibilite participar en licitaciones en conjunto con talleres aliados, garantizando trabajos realizados a tiempo y obteniendo márgenes de ganancia razonables que justifiquen su actividad comercial.

Figura 3. Estado actual de la maquinaria



1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Siendo las máquinas parte de la infraestructura operativa de INDUSTRIAS MICROBARRANCA, el cuidado de estos activos representa una prioridad, y cualquier evento que ocasione desvalorización adicional a la ocasionada por el tiempo de uso sobre la maquinaria y los equipos, tales como daños severos percibidos en arreglos frecuentes de sus elementos, representan un impacto negativo no sólo en el valor comercial de los mismos, sino en la inversión requerida para su reparación y puesta en funcionamiento con el fin de continuar con las labores normales de trabajo.

Si bien la empresa cuenta con gran trayectoria y certificaciones de calidad, las exigencias competitivas del mercado requieren que el mejoramiento continuo sea uno de los pilares base de las políticas corporativas. Dada la alta competitividad del sector industrial y el panorama económico actual en la región, la empresa requiere

que sus procesos sean cada vez más eficaces acorde a la cultura de mejoramiento continuo y consideran el diseño e implementación de un sistema de mantenimiento como una estrategia adecuada para optimizar sus procesos y obtener mejores beneficios de sus instalaciones.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La importancia de la implementación de un sistema para la administración del mantenimiento, se ve proyectada en la mejora de la productividad al disminuir los tiempos muertos por mantenimiento correctivo y aumentar la vida útil de la maquinaria, mediante el manejo óptimo por parte del operario o persona involucrada en su uso. Así mismo, se espera que el sistema de información sirva de soporte documental para el área gerencial y que le permitiría no sólo contar con datos pertinentes al momento de tomar decisiones, sino también contribuiría a llevar al día la documentación requerida al momento de renovar las certificaciones de calidad de la empresa.

La documentación adecuada que describa el buen manejo de las máquinas, así como la periodicidad de su mantenimiento y procesos exactos a seguir en el momento de su uso, contribuye al aumento de la seguridad de los trabajadores, así como al control de la calidad de la operación, garantizando el buen funcionamiento de los equipos y evitando fallas imprevistas mediante el análisis del registro y las acciones requeridas para tal fin.

En conclusión, el diseño y sistematización de la administración del mantenimiento, permite utilizar las herramientas computacionales en pro del mejoramiento de la eficiencia de los procesos de mantenimiento no sólo en el ámbito operativo sino

también gerencial, dado que el sistema permite mantener toda la información actualizada y organizada de forma tal, que sea de fácil acceso y comprensión para el personal dedicado a esta área, facilitando las labores de la mantenimiento diarias, manteniendo un registro de las labores necesarias a realizar, simplificando el proceso centralización de la información, resultando en mejoras para la seguridad de los trabajadores, reducción en tiempos muertos, gestión de activos e impactos financieros positivos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Contribuir a la misión de la Universidad Industrial de Santander en la generación y adecuación de conocimientos y de la Escuela de Ingeniería Mecánica mediante la construcción, aplicación de tecnologías y la interacción con la comunidad, diseñando e implementando un sistema para la administración del mantenimiento para la empresa metalmecánica Industrias Nicrobarranca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

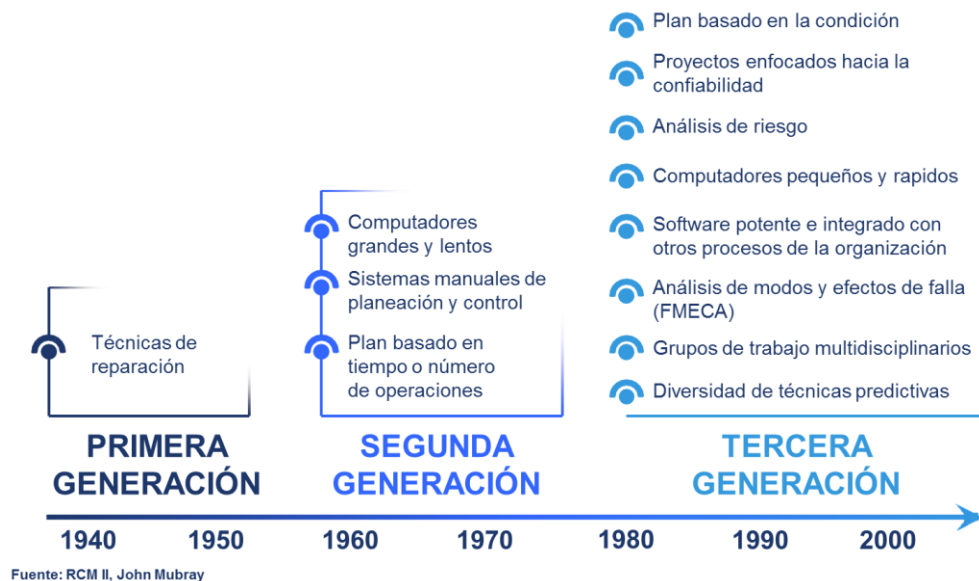
- Diseñar e implementar un plan de manteniendo basado en RCM.
- Desarrollar una aplicación móvil que permita la actualización del sistema de información.
- Realizar la jerarquización de activos de la empresa con base a un análisis de criticidad.
- Aplicar metodologías RCFA (Metodologías de análisis de Causa-Raíz) con el fin de establecer un criterio técnico de fallas recurrente en los equipos críticos de tal forma que puedan tabularse los análisis de modos y efectos de falla para las piezas de la maquinaria que presente mayor criticidad.
- Realizar un análisis de proyecciones de costos para evaluar la eficacia de la implementación del sistema de información para la administración del mantenimiento.

3. MARCO TEORICO

3.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

El término “Mantenimiento” es utilizado para denotar acciones que tienen objetivo preservar un artículo, máquina o equipo en un estado que le permita llevar a cabo la función requerida ². Las actividades relacionadas con lograr el objetivo descrito, han evolucionado desde la primera generación en la que simplemente se reparaban los elementos que alcanzaban el punto de falla, hasta la tercera generación que involucra el uso de computadoras para guardar y procesar información y realizar monitoreo continuos. Algunos autores han llegado a hablar incluso de una cuarta generación (Smart Maintenance).

Figura 4. Evolución de las técnicas de mantenimiento.



Fuente: PERTUZ, Alberto. Apuntes de Clase Ingeniería de Mantenimiento.2015

² Definición de acuerdo a EFNMS (Federación Europea de Sociedad Nacional de Mantenimiento)

La norma ISO 9001 en su apartado 6.3 hace referencia “al cuidado de las infraestructuras necesarias para alcanzar y mantener los requisitos previstos para el producto o servicio ofrecido por la organización”³. Estas, incluyen por definición, los equipos y maquinarias que hacen parte de las actividades operativas de la organización. El término “cuidado” es homónimo a las actividades de mantenimiento necesarias para garantizar la prestación de un buen servicio, lo cual en léxico de la norma ISO 9001 se traduce en Calidad. Es por esto, que para las empresas es de vital importancia gestionar sus tareas de mantenimiento de la forma más eficaz posible, implementando tareas de mantenimiento de acuerdo a sus requerimientos, tamaño, actividades económicas, entre otros.

De acuerdo a la norma consultada (**GTC 62** “Seguridad de Funcionamiento y calidad de Servicio- Mantenimiento. Terminología”, **UNE-EN-13306:2010** Terminología de mantenimiento, ó **AFNOR NFX 60-10**), pueden encontrarse diversas relaciones y clasificaciones del mantenimiento. En general, los tipos de mantenimiento encontrados en la literatura son:

Mantenimiento Correctivo

Preventivo

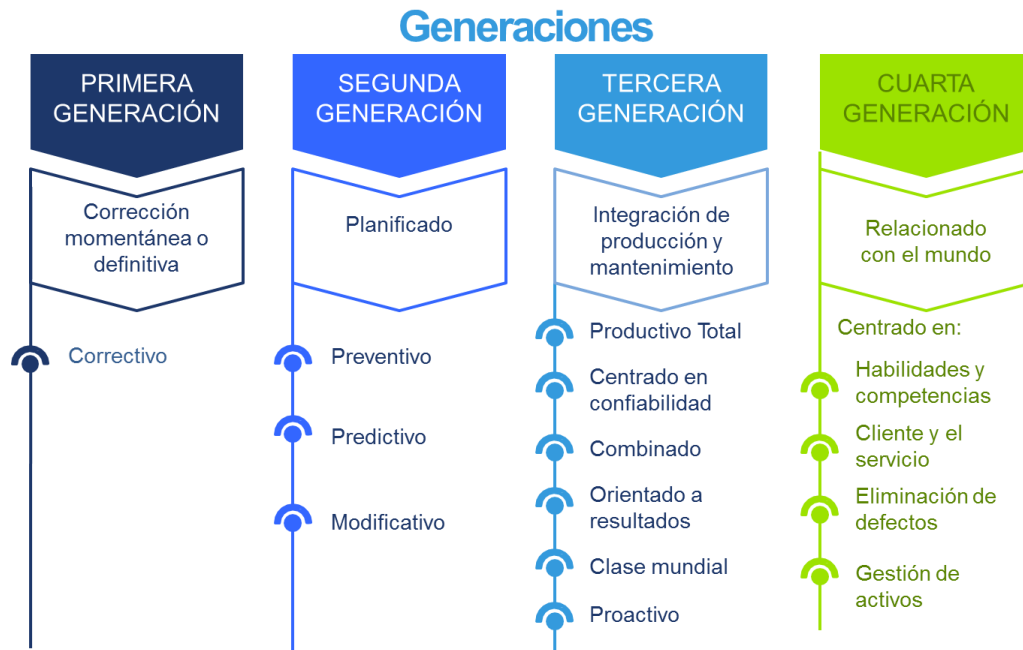
Predictivo

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

En la figura 4 se puede observar el lugar que correspondientes a los tipos de mantenimiento nombrados anteriormente según su generación:

³ Mantenimiento de equipos y máquinas. Disponible en;<http://iso9001calidad.com/mantenimiento-de-equipos-y-maquinas-201.html>

Figura 5. Generaciones del mantenimiento



Fuente: PERTUZ, Alberto. Apuntes de Clase Ingeniería de Mantenimiento.2015

3.2 MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

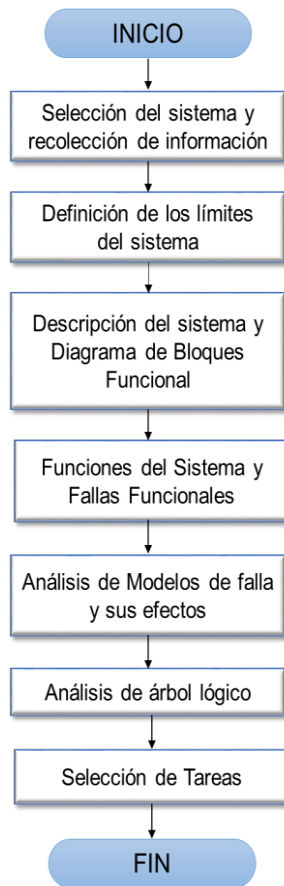
La metodología del Mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM (Reliability-centered maintenance), pertenece a la tercera generación de la evolución del mantenimiento y su aplicación puede resumirse mediante el proceso descrito en la figura 5. Ésta una metodología que permite comprender los modos en que un equipo falla y ofrece la mejor estrategia disponible para la optimización del mantenimiento preventivo, ya que permite priorizar tareas a aquellas más efectivas mediante el uso de análisis de modos y efectos de falla y árboles lógicos para selección de tareas.

En resumen, el RCM pretende responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las funciones del activo?
2. ¿De qué forma falló?

3. ¿Que causa el fallo?
4. ¿Qué sucede cuando hay fallo?
5. ¿Qué ocurre si falló?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos?

Figura 1. Diagrama de Flujo de aplicación de RCM

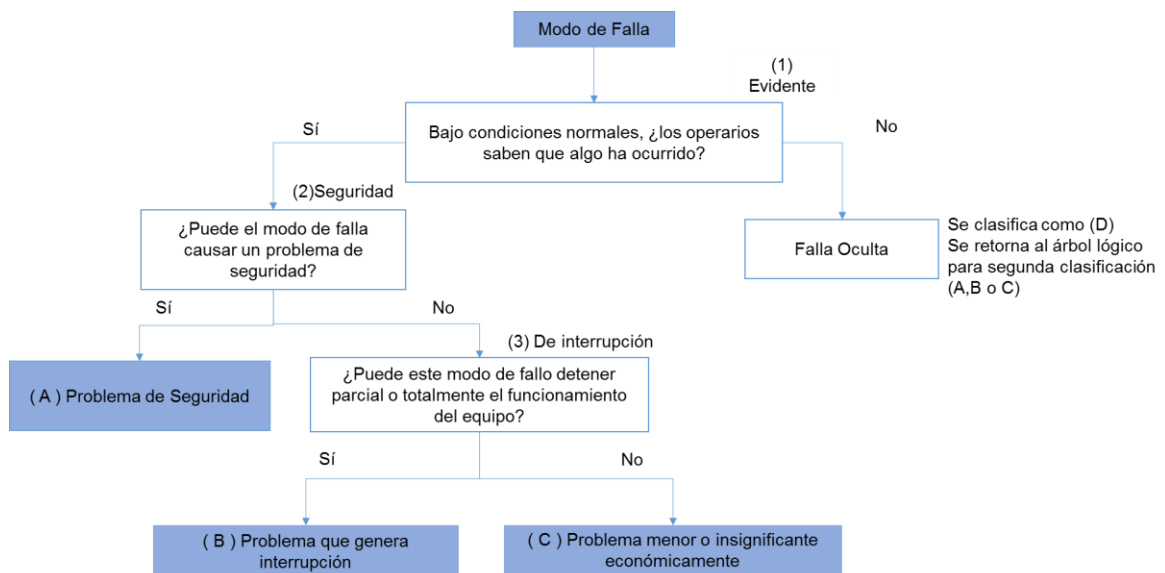


Fuente: Autores basados en DESHPANDE, V Y MODAK J. Application of RCM to a médium scale industry. En: Reliability Engineering and System Safety. Vol. 22. 2002. Pág. 31-43

El primer paso de la aplicación de esta metodología, consiste en la selección del sistema a analizar por medio de criterios establecidos por el autor del análisis. Seguidamente, se deben definir los límites del sistema, y/o definir subsistemas de

acuerdo no sólo a posibles límites físicos sino también funcionales. Mediante la descripción del sistema y la esquematización de diagrama de bloques funcionales se identifican los subsistemas funcionales y se enlistan sus componentes principales. Esta discriminación, permite definir las funciones y fallas funcionales de los subsistemas y aplicar una matriz de fallas de funcionales en las cuales se cruza la información como base para la elaboración de un análisis de modos y efectos de fallas. Seguidamente se debe realizar el denominado Análisis de árbol lógico en el cual se catalogan los modos de falla en: Evidentes/ocultas y en relacionadas con la seguridad, relacionadas con la interrupción, y en problema económico menor, por medio del esquemático presentado en la figura 6:

Figura 6. Árbol lógico



Fuente: Autores basados en DESHPANDE, V Y MODAK J. Application of RCM to a médium scale industry. En: Reliability Engineering and System Safety. Vol. 22. 2002. Pág. 31-43

Finalmente, la selección de tareas se realiza utilizando el diagrama de decisión mostrado en la figura 7, en donde los tipos de tareas se clasifican así:

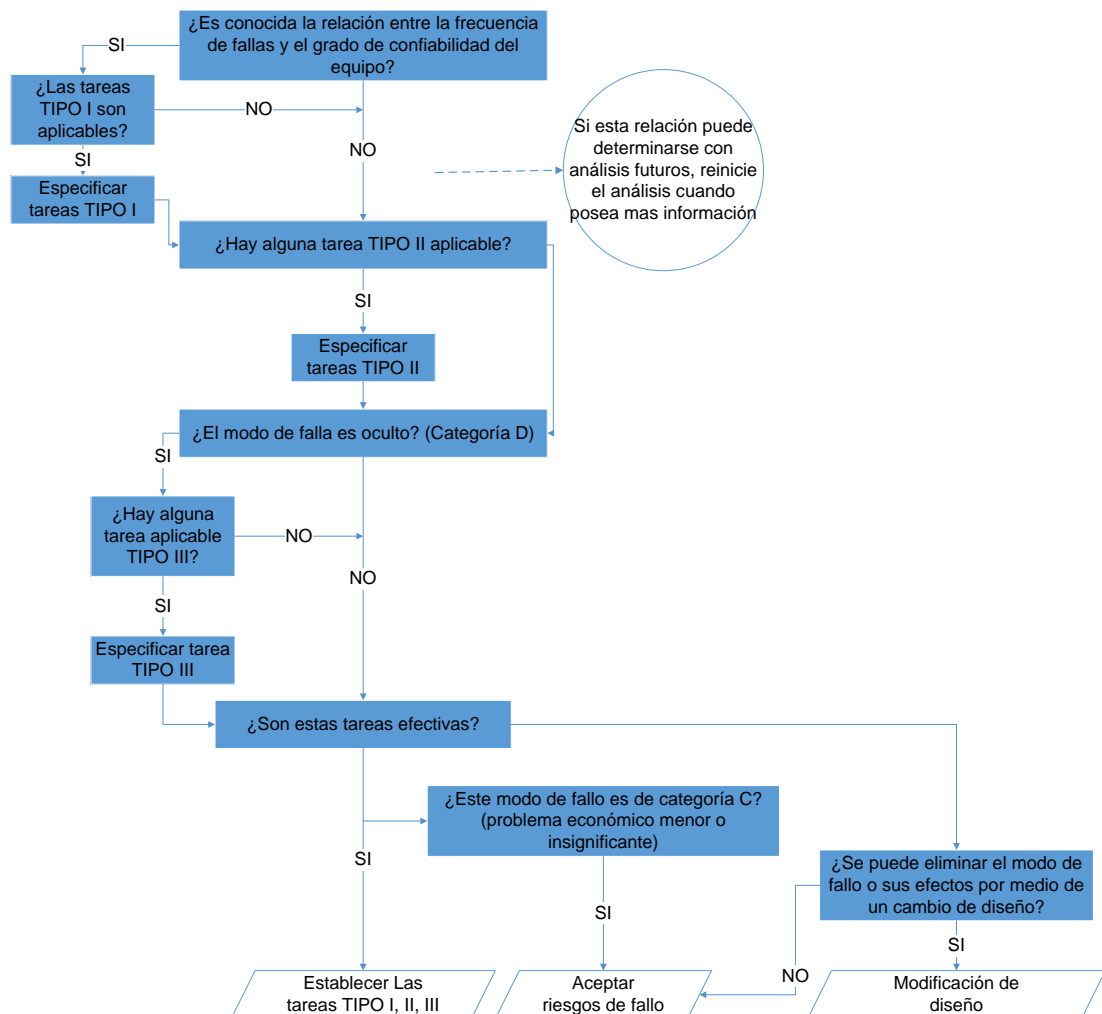
Tipo I: Las tareas son predeterminadas con intervalos de tiempo para prevenir o retardar la falla.

Tipo II: Relacionadas con la medición de parámetros para correlacionar las condiciones de falla y detectarla.

Tipo III: Descubrir una falla oculta antes de que se manifieste.

Tipo VI: Decisión deliberada de llevar a Falla.

Figura 7. Diagrama de decisión de tareas



Fuente: Autores basados en DESHPANDE, V Y MODAK J. Application of RCM to a médium scale industry. En: Reliability Engineering and System Safety. Vol. 22. 2002. Pág. 31-43

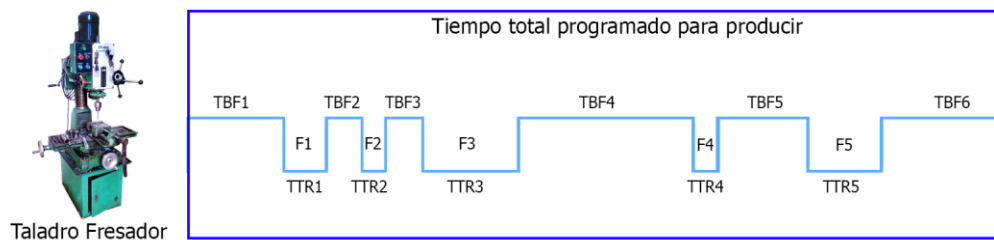
3.3 ÍNDICES DE CLASE MUNDIAL

Éstos, son conocidos así porque son utilizados con la misma expresión matemática por casi todo el mundo y deben ser calculados teniendo en cuenta el mismo intervalo temporal. Estos índices se componen de 6 valores que permiten determinar numéricamente cuáles son la mejoras a implementar e identificar el estado de las tareas de mantenimiento que ejecuta una empresa. De estos 6 índices, 4 se refieren al análisis de gestión de equipos y 2 al análisis de gestión de costos. En el presente proyecto, se trabajaron los índices que se relacionan con Confiabilidad, mantenibilidad, y disponibilidad.

El tiempo total programado para producir es establecido por la administración de la empresa, considerando que el tiempo de producción del equipo se ve afectado por las actividades de mantenimiento programadas.

Con respecto a este, se definen los términos Tiempo entre fallas (TBF), Tiempo de reparación (TTR) y Fallas (F), así como se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 8. Tiempo total programado para producir



TBF = (Time Between Failures) Tiempo entre fallas: Es el tiempo que transcurre desde el momento en que se soluciona una falla y empieza la otra.

TTR = (Time To Repair) Tiempo para reparar: es el tiempo que transcurre desde que inicia una falla hasta cuando se soluciona dicha falla.

F = (Failures) Fallas, es la cantidad de veces que una maquina no se encuentra disponible.

$$N^{\circ} \text{ Fallas} = \sum F$$

$$TTO = (\text{T tiempo total de operación}) = \sum TBF$$

$$TTF = (\text{T tiempo total en falla}) = \sum TTR$$

De esta forma, los índices de clase mundial son definidos así:

Para gestión de equipos:

- **Índice de Confiabilidad:**

MTBF = (Mean Time Between Failures) Tiempo medio entre Fallas, es el promedio de los tiempos entre fallas.

$$MTBF = TTO / N^{\circ} \text{ Fallas}$$

- **Índice de Mantenibilidad:**

MTTR = (Mean Time To Repair) Tiempo medio para Reparar, es el promedio de tiempo que se toman para reparar cierto equipo.

$$MTTR = TTF / N^{\circ} \text{ Fallas}$$

- **Disponibilidad:**

$$D = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

Para gestión de costos:

En esta categoría los índices están dados en función a la facturación de la empresa y el costo de un equipo nuevo:

- **Costo de mantenimiento por facturación:**

$$CMFT = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Facturación de la empresa}} \times 100$$

- **Costo de mantenimiento por reposición:**

$$CMRP = \frac{\text{Costo de mantenimiento de un equipo}}{\text{Valor de compra del equipo nuevo}} \times 100$$

3.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Un sistema de información para la administración del mantenimiento (SIM), o un CMMS (Computer Maintenance Management Software), es un programa que contiene de forma estructurada la información pertinente para organizar y realizar seguimiento a las actividades de mantenimiento de la empresa.

Los SIM buscan facilitar el trabajo de la persona encargada del mantenimiento haciendo más ágil y confiable el manejo y registro de las tareas, permitiendo un mayor control sobre las labores realizadas a los equipos, indicadores y alarmas; de igual forma, ofrece información a los altos mandos para la toma de decisiones, aumento de la rentabilidad y disminución de costos en los procesos de mantenimiento de la empresa.

Generalmente, los datos que alimentan el sistema de información son tomados a partir de procedimientos operativos y administrativos definidos con base a las tareas respectivas de las políticas de calidad. Algunos de estos procedimientos son:

- Inventario
- Codificación
- Registro de objetos de mantenimiento
- Instrucciones técnicas de mantenimiento
- Procedimiento de ejecución
- Programación del mantenimiento
- Cuantificación del personal
- Números de OTM
- Chequeo rutinario
- Recorrido de Inspección
- Chequeo circunstancial

Estos datos de entrada, son almacenados en una base de datos. Es una práctica común, que las bases de datos sean de tipo local, para evitar costos de almacenamiento por terceros e infiltraciones de actores externos por vía web.

Un elemento representativo en la captura y salida de información es la interfaz de usuario. Esta debe ser amigable e instintiva para el personal, con el fin de facilitar la transferencia de información entre la base de datos y el usuario final.

Para que un sistema de información se catalogue como útil y práctico, debe contar con módulos debidamente estructurados, con una interfaz que cuente con subsistemas de entrada, almacenamiento y salida de datos que permita ingresar, contener y visualizar la información fácilmente.

Así mismo, un sistema de información debe diseñarse teniendo en cuenta las necesidades propias de la empresa. Según el artículo “Criterios para la información de la gestión del mantenimiento” (J.M. Lucía Lucía, 1990), en el caso de un sistema de mantenimiento propio, los factores a tener en cuenta son:

- Nivel de cultura informática preexistente en el servicio de Mantenimiento.
- Duración y costo de la implantación propia frente a tutela o desarrollo pleno externo.
- Nivel de organización preexistente.
- Definición de los objetivos a alcanzar.
- Documentación del sistema a desarrollar.

Tradicionalmente, los sistemas de información son asociados con aplicaciones de escritorio. Sin embargo, los softwares de escritorio han venido perdiendo protagonismo ante las aplicaciones web y aplicaciones móviles; éstas últimas, han tenido un gran auge gracias a los bajos costes que conlleva en la actualidad comprar un celular inteligente (Smartphone). Los teléfonos celulares inteligentes permiten a su portador tener un mini-ordenador en su bolsillo; su tamaño le permite ser transportado facilitando la consulta de cualquier aplicación móvil en cualquier lugar de forma más accesible que una aplicación de escritorio. Esto último representa una ventaja que puede ser aprovechada en el ámbito empresarial, para mejorar aquellos procesos en los que se requieren recolectar datos de diferentes departamentos y o personal con el fin de almacenarlos de forma centralizada y facilitar el procesamiento de los mismos de forma estructurada, tal como se requiere en los sistemas de información para la administración del mantenimiento.

4. AUDITORÍA DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS NICROBARRANCA

Teniendo el libro Auditorías de Mantenimiento⁴ y el trabajo de grado realizado por los compañeros Edwin Russi y Sergio Terán, en el que revisaron diferente material bibliográfico y condensaron un formulario de auditoría de mantenimiento, se realizó una auditoría para conocer los alcances actuales del plan de gestión de mantenimiento llevado a cargo por la empresa. Los aspectos generales evaluados se encuentran en la siguiente figura.

Figura 9. Aspectos considerados en la auditoría de mantenimiento



Para conocer las preguntas y criterios de respuesta consultar el Anexo A.

⁴ RENOVETEC, Mantenimiento Industrial, Volumen 3: Mantenimiento predictivo, Auditorías de mantenimiento, Editorial Renovetec, Madrid, 2009, 34 pag. Disponible en: <http://www.renovetec.com/auditoriasdemantenimiento.pdf>

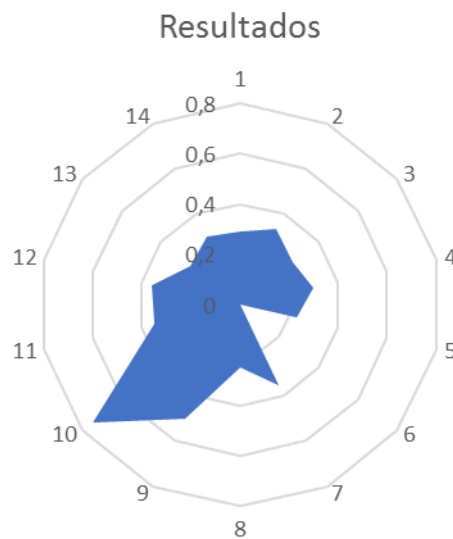
4.1 RESULTADOS DE LA AUDITORÍA

Teniendo en cuenta el formulario de evaluación de cada uno de los items, se presentan los resultados cuantitativos en la siguiente tabla y figura:

Tabla 1. Resultados Auditoría de Mantenimiento

	Parámetro	Promedio %
1	Organización general	29,2
2	Métodos y sistemas de trabajo	33,3
3	Control técnico de instalaciones y equipos	26,9
4	Gestión de carga de trabajo	30
5	Compra y registro de repuestos y equipos	23,1
6	Sistemas informáticos	0
7	Organización del taller de mantenimiento	35,7
8	Herramientas y medios de prueba	25
9	Documentación técnica	50
10	Personal y formación	75
11	Contratación	35
12	Documentación	35,7
13	Capacitación de plan de mantenimiento	25
14	Control de la actividad	30

Figura 10. Resultados Auditoría de Mantenimiento



Adicionalmente, en la siguiente tabla se enlista las conclusiones más importantes de la auditoría teniendo en cuenta cada aspecto evaluado:


Tabla 2. Observaciones de auditoría de mantenimiento

Aspecto	Observación/Comentarios
Organización general	La empresa cuenta con un organigrama general pero dentro del mismo no se contempla la definición de un encargado de mantenimiento. No hay seguimiento a indicadores claros que expresen la calidad del prestado por la empresa. Se tienen definidos los procesos globales de la empresa en el SIG (Sistema Integrado de Gestión).
Métodos y sistemas de trabajo	Dentro de los procesos SIG se tienen mapas de procesos para procesos gerenciales, operacionales y de soporte, y posee algunas tareas que pueden considerarse como Plan de mantenimiento preventivo dentro de las hojas de vida de las máquinas y otros formatos.
Control Técnico de instalaciones y equipos	No hay planos ni distribución de planta de los equipos instalados. Nunca se ha realizado un análisis de criticidad ni se ha centralizado la información correspondiente al mantenimiento.
Gestión de carga de trabajo	No existen un programa de mantenimiento establecido, ni checklist, ni un sistema de registro de fallos y de solicitud de repuestos. Las reparaciones las realiza cada operador cuando considera que tiene la capacidad de hacerlo, y generalmente se notifica de manera verbal y se omite el registro escrito. Existe planeación periódica no clara; anualmente se realizan reparaciones y cambios generales bajo la supervisión del operario más antiguo sin registro físico confiable.
Compra y registro de repuestos y equipos	La empresa no tiene inventario de repuestos de maquinaria, dado la implicación económica y la facilidad de conseguirlo a los alrededores de la ubicación del taller. Sin embargo, dado que algunas tareas se realizan fines de semana o festivo, es posible que se considere esta necesidad latente.

	Cuentan con inventario de herramientas de corte, necesarias para llevar a cabo sus tareas dado su alto uso y posible desgaste.
Sistemas Informáticos	La empresa no cuenta con un software que le permita agilizar las tareas de mantenimiento ni que registre la información útil. La documentación requerida para las certificaciones de calidad se lleva en formatos impresos diligenciados de forma manual. En un tiempo se intentó llevar los registros mediante el programa Excel, pero el cambio de personal impidió seguir con esta tarea.
Organización del taller de mantenimiento	El taller no dispone de un espacio específico para las tareas de mantenimiento, sino que estas se realizan en el área designada para cada equipo/máquina.
Herramientas y medios de prueba	No existe un inventario documentado de herramientas, ya que estas no se consideran de uso “especial”. Sin embargo, se hace responsables a los operarios del uso de las existente (uso comunitario). No existe un mecanismo de verificación periódico de inventario de herramientas.
Documentación Técnica	La empresa no dispone de planos de la distribución del taller, ni de esquemas eléctricos. La documentación concerniente al mantenimiento es procesada por personas diferentes, no hay centralización de la información ni registros confiables de las actividades de mantenimiento.
Personal y Formación	Se considera que el ambiente de trabajo es bueno. Un jefe de planta, el operario con más tiempo y experiencia, es el encargado de supervisar a sus compañeros.
Contratación	No se evidencia un sistema para la contratación de personal externo, sino que este se realiza basado en recomendaciones de los mismos operarios o de personas afines a la empresa.
Documentación	La empresa cuenta con la documentación exigida por las instituciones encargadas de realizar la certificación de calidad (ISO 14001, ISO 9001, OSHAS 1800)

	<p>Las cuales únicamente solicitan que “todos los máquinas y herramientas deben trabajar sin fallos y daños que perjudiquen la producción”</p> <p>Sin embargo, tanto el inventario como las hojas de vida están desactualizadas (al año 2010), no existen fichas técnicas, algunos instructivos para el mantenimiento de las máquinas se observan en la hoja de vida de los equipos (ver figura 11)</p> <p>Así mismo no existe formato de inspecciones pre operacionales.</p> <p>No existe un registro escrito ni sistematizado confiable de fallas. El último registro se tiene del 2010-2011. Tales eventos son recordados por el operario más antiguo que conoce bien las máquinas.</p>
Capacitación	No hay capacitación en cuento al mantenimiento, todos actúan de acuerdo a la pericia y experiencia adquirida previamente y en el mismo taller.
Control de la actividad	Se realiza mantenimiento a los equipos una vez al año (al inicio) previo a la visita del auditor de calidad.

Figura 11. Ejemplo Hoja de Vida

 INDUSTRIAS NICOBARRANCA	HOJA DE VIDA TALADRO RADIAL - NCB-MQ3		FECHA: 15-09-2003						
	PS-R-27		EDICION: 01						
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"> NOMBRE DEL EQUIPO: TALADRO RADIAL MARCA : ZJ 23032 x 10 (i) MODELO : 1998 SERIE : 1083255 CODIGO : NCB MQ3 </td> <td style="width: 30%;"> DESCRIPCION: Taladro de 1.20 mt. de bandera. - 220 Voltios - Mandril Cap. 3/4, cono morse. </td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td> FECHA COMPRA: Noviembre 16 de 2001 VALOR DE COMPRA: \$10.000.000.00 PROVEEDOR : OSCAR GONZALES </td> <td> Mantenimiento Preventivo Control del nivel de aceite Revisión estado de conexiones eléctricas Limpieza </td> <td> Frecuencia Anual Anual Trimestral </td> </tr> </table>				NOMBRE DEL EQUIPO: TALADRO RADIAL MARCA : ZJ 23032 x 10 (i) MODELO : 1998 SERIE : 1083255 CODIGO : NCB MQ3	DESCRIPCION: Taladro de 1.20 mt. de bandera. - 220 Voltios - Mandril Cap. 3/4, cono morse.		FECHA COMPRA: Noviembre 16 de 2001 VALOR DE COMPRA: \$10.000.000.00 PROVEEDOR : OSCAR GONZALES	Mantenimiento Preventivo Control del nivel de aceite Revisión estado de conexiones eléctricas Limpieza	Frecuencia Anual Anual Trimestral
NOMBRE DEL EQUIPO: TALADRO RADIAL MARCA : ZJ 23032 x 10 (i) MODELO : 1998 SERIE : 1083255 CODIGO : NCB MQ3	DESCRIPCION: Taladro de 1.20 mt. de bandera. - 220 Voltios - Mandril Cap. 3/4, cono morse.								
FECHA COMPRA: Noviembre 16 de 2001 VALOR DE COMPRA: \$10.000.000.00 PROVEEDOR : OSCAR GONZALES	Mantenimiento Preventivo Control del nivel de aceite Revisión estado de conexiones eléctricas Limpieza	Frecuencia Anual Anual Trimestral							
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO									
FECHA	TIPO MANTTO	NOVEDAD QUE PRESENTA	DIAGNOSTICO y/o CORRECTIVO	OBSERVACIONES	FIRMA QUIEN EJECUTO				
Junio 18 de 2010	Preventivo	Sin novedad	Se hace limpieza general del equipo y se determina que se encuentra en condiciones de funcionamiento para su uso	Sin observaciones					

Fuente: Industrias Nicobarranca

Teniendo en cuenta la información anterior es posible concluir que la empresa INDUSTRIAS NICROBARRANCA, no cuenta con un plan de gestión de mantenimiento integral y completo, ya que la mayoría de sus prácticas corresponden a: 1) Cumplir con la normatividad vigente a plazos próximos de solicitar la visita ante el ente competente para la certificación de calidad, y 2) a reparar sobre la marcha. Así mismo es importante anotar que la labor de registro y seguimiento documental es escasa, lo que implica grandes desafíos al momento de tomar decisiones gerenciales de forma fiable.

4.2 RECOMENDACIONES PERSONAL DE LA EMPRESA

Realizada la visita a la empresa, en el contexto de la auditoría de mantenimiento, el encargado del SIG y el operario más antiguo realizaron las siguientes recomendaciones a tener en cuenta en el diseño e implementación del sistema de información para la administración del mantenimiento de INDUSTRIAS NICROBARRANCA.

- Se recomendó la actualización de inventario y verificación de existencia o dada de baja, ya que el último inventario registro digitalmente fue realizado 2010.
- Comentaron que las actividades de mantenimiento que registra en las hojas de vida fue redactado de acuerdo a la opinión de operarios. Sugieren tener en cuenta recomendaciones del fabricante o con metodología que permita con contar con criterios bien fundamentados para programar las actividades de mantenimiento.
- Respecto a las inspecciones preoperacionales se recomienda buscar una alternativa para poder realizarlas diariamente, ya que la norma OSHAS 1800 solicita este registro de inspecciones, pero el mismo de no se lleva a cabo dado lo extenuante y engorrosa que representa la tarea diariamente.

En general, se mostraron satisfechos con la posibilidad de contar con un sistema de información central que les permita condensar en un solo sitio la información referente al mantenimiento y buscar una alternativa basada en las nuevas tecnologías de la información para la recolección de datos; con el objetivo de facilitar las actividades de registro, documentación y seguimiento a las actividades de mantenimiento con el fin de que la información pertinente esté disponible en el momento de tomar decisiones o realizar las renovaciones de certificaciones de calidad.

5. REQUISITOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE INDUSTRIAS MICROBARRANCA

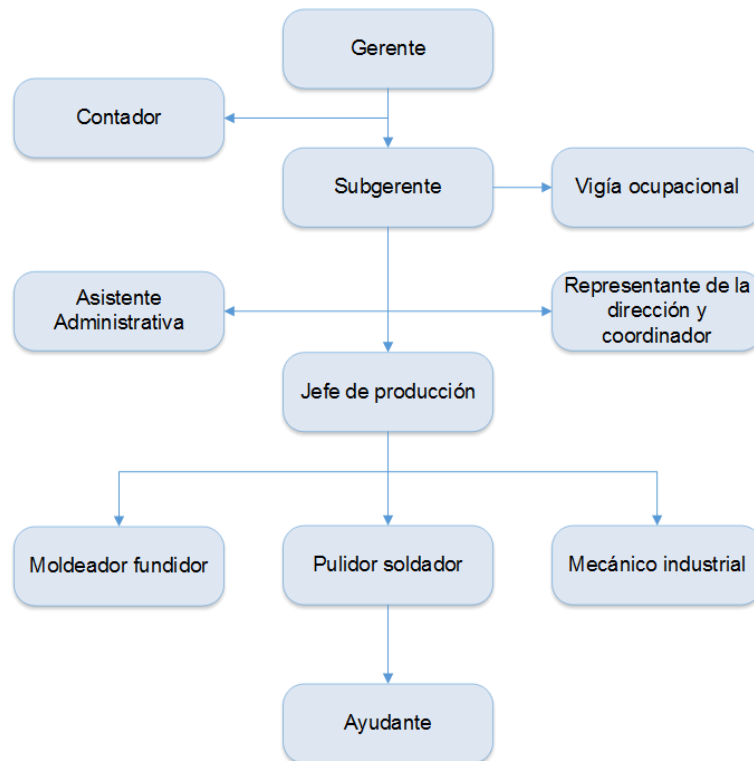
5.1 DEFINICIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Considerando los resultados arrojados por la auditoría de mantenimiento, se requiere que se definan objetivos claros a cumplir por el sistema de información a diseñar e implementar, de forma tal que satisfaga las necesidades reales de la empresa y los requerimientos de los usuarios finales.

Teniendo en cuenta los “Criterios para la información de la gestión del mantenimiento” (J.M. Lucía Lucía, 1990) enunciados en el capítulo 3, se define que el sistema de información puede ser implementado a nivel de aplicación de escritorio y de aplicación móvil ya que la organización cuenta que el personal posee conocimientos básicos de ofimática y de utilización de teléfonos inteligentes, además de poseer la infraestructura necesaria para su instalación y utilización. (*Criterio de nivel de cultura informática preexistente en el servicio de Mantenimiento.*) La duración y costo de la implantación se considera teniendo en cuenta la duración de este proyecto.

El nivel de organización se diagnosticó en la auditoría de mantenimiento y puede observarse en la siguiente figura: 12. En este organigrama no se observa un departamento o encargado directo, pero las actividades relacionadas con el mantenimiento las realizan la Asistente Administrativa, el Jefe de producción, el Gerente (quién lleva en primera mano la documentación general) y un externo que realiza las actividades de Salud Ocupacional y Calidad.

Figura 12. Organigrama de Industrias Microbarranca



Fuente: Autores basados en SIG

Consecuentemente, el sistema de información de la empresa Microbarranca debe cumplir con las siguientes características:

- Debe contar con información actualizada de inventario y codificación de la maquinaria para facilitar identificación de la misma y garantizar su existencia.
- Las actividades de mantenimiento deben ser formuladas de acuerdo a un criterio técnico e ingenieril que garanticen un buen funcionamiento de los equipos y la extensión de su vida útil.
- Debe contar con un sistema de recolección de información dinámico y sencillo de utilizar que permita introducir datos relevantes por los actores

involucrados en los procesos de mantenimiento y no sólo por personal administrativo.

- El sistema debe permitir centralizar la información, para que pueda accederse a todos aquellos datos importante desde un solo sitio, para facilitar actividades de registro, documentación y seguimiento de actividades de mantenimiento.
- El sistema debe ser práctico, tanto para realizar seguimiento de los procesos operativos, como para contar con la información apta para tomar decisiones gerenciales.

5.2 PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS PARA CUMPLIMIENTO DE CARACTERISTICAS

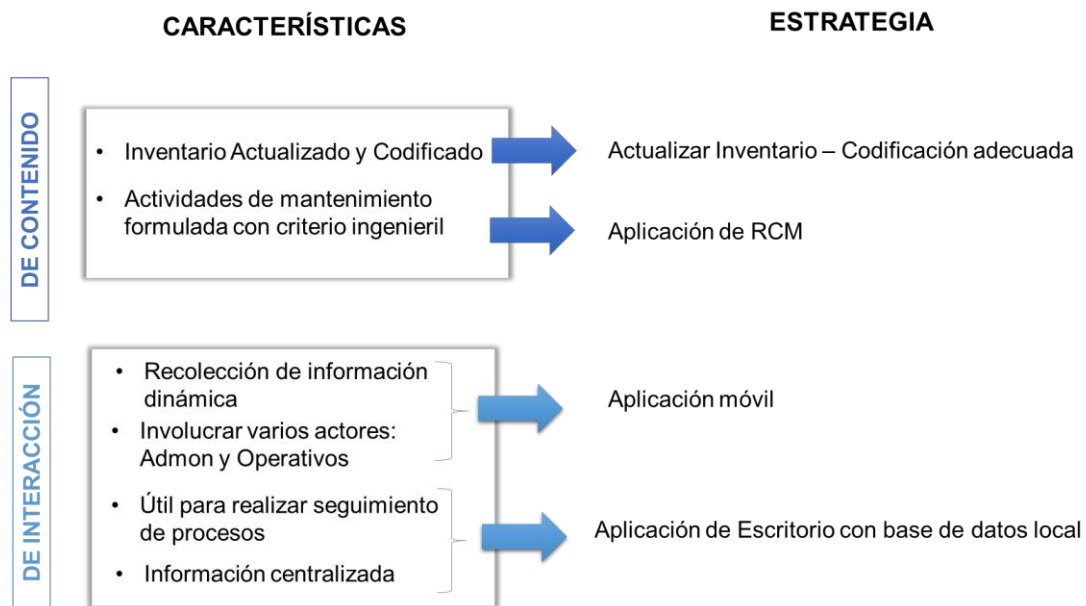
Las características planteadas para el sistema de información se han catalogado en dos grupos: Características de Contenido y Características de Interacción.

Las características de contenido hacen alusión a aquellas que conciernen a datos explícitos que requiere el usuario y que debe contener el sistema de información.

Las características de Interacción, son aquellas que hacen referencia a la forma en que los datos interactúan entre sí para brindar información específica si el usuario lo requiere, o la forma en que el usuario es capaz de interactuar con la interfaz del programa para ingresar u obtener cierta información.

En la siguiente figura, se agrupan las características del ítem anterior en estos dos grupos, se plantean las estrategias apropiadas para lograr su cumplimiento:

Figura 13. Características y estrategias del Sistema de Información



La actualización del inventario, la codificación y la aplicación de la metodología de RCM son actividades claves para la correcta alimentación de la base de datos. Adicional a estas, es necesario también que el sistema de información cuente con los datos básicos de los equipos representados en las Fichas Técnicas. Otro ítem importante es el cálculo de los índices de Clase Mundial que le permiten a la gerencia de la empresa tomar decisiones respecto a sus activos y evaluar la eficacia de sus procesos de mantenimiento.

El sistema de información a desarrollar consta de dos tipos de aplicaciones: Aplicación móvil, y Aplicación de escritorio con base de datos local. Estos dos tipos de plataformas deberán complementarse para lograr brindar al usuario una experiencia integral; capturando, almacenando, procesando y exportando información significativa para el registro y control de las actividades de mantenimiento y la toma de decisiones.

Las características generales se pueden resumir así:

El sistema de información debe contar con un ingreso por medio de usuario y contraseña, y dos aplicaciones, la de escritorio y la móvil, la aplicación de escritorio cuenta con los módulos de Personas, Equipos, Mantenimiento, Indicadores y Alarmas, la aplicación móvil cuenta con las opciones de Inspección diaria, cierre diario, solicitud de OTM, ejecutar OTM, Mantenimientos y Cronograma.

La aplicación móvil permite el ingreso de las inspecciones diarias, las OTM correctivas y preventivas, los insumos de las OTM, y de una forma automática los tiempos de ejecución y los datos de cada operario que realiza cada acción.

La aplicación de escritorio permite la impresión y control de las fichas técnicas, hojas de vida y visualización de los indicadores de clase mundial, así como de cumplimiento de OTM, además permite la edición de la información de personas equipos e inventarios.

La interfaz de estas aplicaciones debe ser agradable, intuitiva y práctica. Los mensajes dados a los usuarios y las opciones de selección deben estar resumidos de forma concreta y en vocabulario sencillo para efectuar la recolección de información de manera puntual y garantizar que los datos capturados son relevantes. Así mismo, las salidas del sistema deben poder ser fácilmente interpretadas por el usuario.

6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM

Si bien la empresa Industrias Nicrobarranca cuenta con un Plan de Mantenimiento establecido en su Sistema Integrado de Gestión (SIG), dadas las sugerencias realizadas por el personal y la necesidad de optimizar recursos y acciones, se optó por plantear la aplicación de la metodología del Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM), con el fin de validar y complementar las actividades de mantenimiento actuales. Los conceptos y pasos de esta metodología fueron mencionados en el capítulo 3 subcapítulo 2 (3.2. Mantenimiento basado en Confiabilidad), por lo que en este capítulo se limitara a mostrar los resultados del seguimiento de los pasos respectivos.

El RCM comienza con un reconocimiento de la empresa para seleccionar el sistema de estudio y culmina con la selección de tareas de mantenimiento. Cabe anotar, que no sólo las tareas de mantenimiento y, sino que también los resultados del proceso de Análisis de Modos y Efectos de Falla alimentarán la base de datos del software como se explicará en capítulos posteriores.

6.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

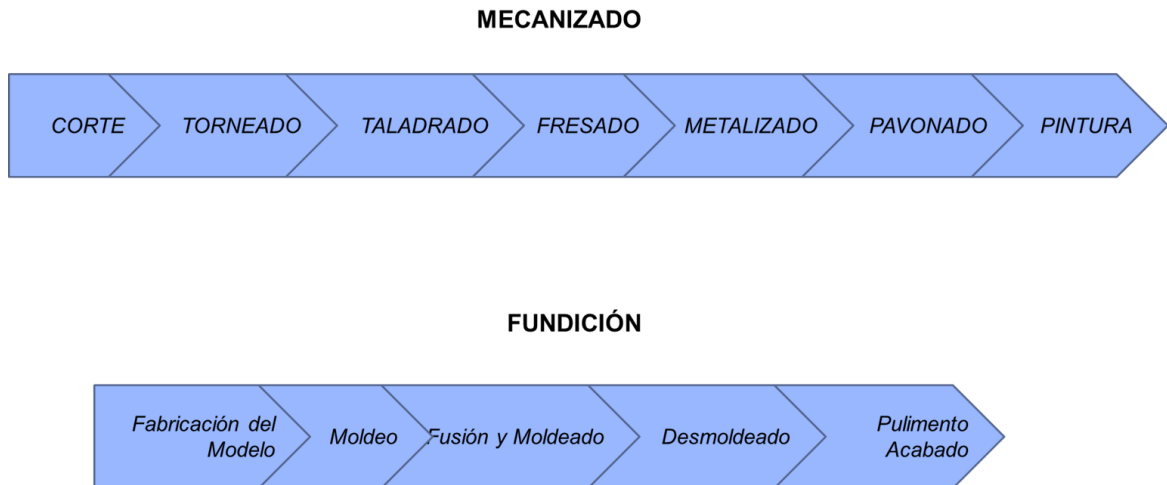
6.1.1 Preliminares

- **NOMBRE DE LA EMPRESA:** *INDUSTRIAS NICROBARRANCA*
- **ACTIVIDAD PRINCIPAL:** *FABRICACIÓN, REPARACIÓN, RECTIFICACIÓN DE PIEZAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES*

- **PROCESOS OPERACIONES (Según SIG):**

La empresa cuenta con dos sedes: La sede principal, ubicada en la calle 57 # 32-31, en el Barrio Ciudad Bolívar de Barrancabermeja, en la que se llevan a cabo los procesos de mecanizado, y con una sede ubicada en el barrio Campestre, en la cual se llevan a cabo exclusivamente los procesos de Fundición.

Figura 1. Procesos Operacionales (repetida)



La metodología de RCM sugiere la selección de líneas de producción o de procesos para seleccionar los sistemas a analizar. Se selecciona la línea de mecanizado dado que:

- Los procesos de mecanizado están relacionados con la actividad principal de la empresa (prestación de servicios de metalmecánica).
- Los equipos utilizados esta línea son los más antiguos de la empresa y representan un porcentaje significativo del capital de la misma.
- El impacto del costo de mantenimiento es mayor de acuerdo a la administración de la empresa.
- Los equipos representan más partes dinámicas que la otra línea.

Dentro de las actividades de recolección de información, se obtuvo acceso a los Manuales de Procedimientos que hacen parte del Sistema Integrado de Gestión, y algunos documentos utilizados en el mantenimiento como Hojas de Vidas de la máquina, inspección de equipos e inventario. A solicitud del personal de la empresa, se realizó la actualización del inventario de equipos de la línea de Mecanizado.

6.1.2 Inventario de equipos y codificación

Se realizó la actualización del inventario de equipos de la línea de mecanizado, dando cumplimiento a una de las observaciones realizadas por el personal de la empresa. Así mismo, se estandarizó la codificación de los equipos para facilitar la identificación de la maquinaria de acuerdo a la 14224 La codificación se realizó con un diseño alfanumérico, que consta de 6 caracteres, de la siguiente manera:

- Dos letras que indican el nombre del equipo.
- Dos letras que indican el área de trabajo a la que pertenecen.
- Dos números que indican el consecutivo de acuerdo a la cantidad de equipos en existencia.

Los resultados de la actualización de inventario y de la codificación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Inventario actualizado para línea de mecanizado

Código	Equipo
ME-TP-01	Torno Paralelo
ME-TP-02	Torno Paralelo
ME-TP-03	Torno Paralelo
ME-TL-01	Taladro

Código	Equipo
ME-TL-02	Taladro
ME-FU-01	Fresadora Universal
ME-CL-01	Cepillo Limador
ME-AL-01	Alesadora
ME-PH-01	Prensa Hidraulica
ME-RT-01	Rectificadora
ME-CE-01	Cegueta Electrica
PA-CP-01	Compresor para Pintura
SE-MS-01	Motosoldador
SE-EM-01	Equipo Miller
SE-EM-02	Equipo Miller
SE-EE-01	Equipo Extreme
SE-EL-01	Equipo Lincoln

6.1.2 Análisis de criticidad para jerarquización de activos. La jerarquización de activos de la línea de procesos de mecanizados se realiza aplicando Análisis de Criticidad, la cual es una metodología que contribuye a mejorar la confiabilidad operacional. Matemáticamente, la criticidad se puede expresar como:

$$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o los equipos, y la consecuencia se refiere a los criterios fundamentales que se consideran relevantes para definir la actividad. Estos criterios fundamentales son:

- **Frecuencia de falla (FF):** son las veces que falla cualquier componente del sistema.
- **Tiempo promedio para reparar (TPR):** es el tiempo para reparar la falla.
- **Impacto sobre la producción (IP):** es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- **Costo de reparación (CR):** costo de la falla
- **Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH):** posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas o daños al ambiente.

De esta forma, la expresión matemática final para el cálculo de criticidad puede explicarse como:

$$Criticidad = FF * (CR + SAH) + (IP * TPR)$$

Los criterios fundamentales se describen más específicamente de acuerdo a rangos y a estos se les designa un puntaje, los cual constituyen los factores para el cálculo de criticidad. Para el análisis de criticidad de la empresa Nicrobarranca, se utilizó la siguiente tabla de factores:

Tabla 4. Factores para cálculo de criticidad

FACTORES PARA EL CALCULO DE CRITICIDAD		
Criterios Fundamentales	Rangos	Puntaje
Frecuencia de falla FF	No más de 1 por año	1
	Entre 2 y 5 por año	2
	Entre 6 y 10 fallas por año	3
	Entre 11 y 15 fallas por año	4
	Más de 15 por año	5
	Más de 15 por año	5
Tiempo promedio de reparación TPR	Menos de 4 horas	1
	Entre 4 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	3
	Entre 24 y 48 horas	4
	Más de 48 horas	5
Impacto sobre la producción ISP	No afecta la producción	1
	25 % de impacto	2
	50% de impacto	4
	75% de impacto	7
	La afecta totalmente	10
Costos de reparación CR	Entre 50.000 y 100.000 COP	3
	100.000 y 200.000 COP	5
	200.000 y 500.000 COP	10
	500.000 y 1.000.000 COP	15
	Más de 1.000.000 COP	25
Impacto en seguridad, ambiente e higiene SAH	No provoca ningún tipo de daño personas instalaciones o ambiente	1
	Provoca daños menores (ambiente y seguridad)	2
	Afecta instalaciones causando daños severos	3
	Afecta ambiente/instalaciones	4
	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	5

Los resultados de la aplicación del método se observan a continuación:

Figura 14. Resultados análisis de criticidad por equipos

Codigo	FF	TPR	IP	CR	SAH	Criticidad	Nivel de criticidad
ME-TP-02	3	3	10	15	4	147	C
ME-FU-01	2	3	10	15	3	96	C
ME-AL-01	2	3	7	10	4	70	C
ME-TL-01	2	3	7	10	3	68	C
ME-TP-01	1	2	10	10	3	33	MC
ME-TP-03	1	2	10	5	3	28	MC
ME-CL-01	1	3	4	1	4	17	MC
ME-PH-01	1	2	4	5	4	17	MC
ME-RT-01	1	2	4	5	3	16	MC
SE-EM-01	1	3	2	3	3	12	NC
SE-EM-02	1	3	2	3	3	12	NC
SE-EE-01	1	3	2	3	3	12	NC
SE-EL-01	1	3	2	3	3	12	NC
ME-TL-02	1	1	7	1	3	11	NC
ME-CE-01	1	2	2	3	4	11	NC
PA-CP-01	1	2	2	3	3	10	NC
SE-MS-01	1	2	2	3	3	10	NC

Según los datos de la tabla, se observa que los equipos críticos son:

- Torno Paralelo ZMM Sofía ME-TP-02
- Fresadora universal ME-FU-01
- Alesadora ME-AL-01
- Taladro Fresador ME-TL-01

6.2 DEFINICIÓN DE LOS SUB-SISTEMAS

Los equipos resultantes del análisis de Criticidad son examinados como *sistemas generales*, y constituyen equipos independientes que realizan una tarea específica dentro de la línea de mecanizado. Sin embargo, dentro de éstos, pueden

identificarse sistemas *funcionales o subsistemas*, término referente a el “conjunto de componentes que proveen una o más funciones y que puede ser consideradas como una unidad funcional separada dentro del sistema”.⁵

Dada su naturaleza, todos los equipos críticos comparten la terminología de los subsistemas identificados:

Tabla 5. Subsistemas de los equipos críticos

Equipos Críticos	Subsistemas Identificados
Torno	Cadena Cinemática
Fresadora Universal	Subsistema Eléctrico
Alesadora	Subsistema Mecánico
Talador Fresador	Subsistema de Lubricación
	Subsistema de Refrigeración
	Subsistema de Seguridad

6.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONALES CON SUS RESPECTIVOS SUBSISTEMAS

6.3.1 Descripción del sistema. En la siguiente tabla, se describen brevemente los sistemas/equipos a ser analizados:

⁵ DESHPANDE V.S. y MODAL J.P. Application of RCM for Safety considerations in a Steel Plant. En: Reliability Engineering and System Safety. 2002. Vol 78 p. 325-334

Tabla 6. Descripción de los sistemas

Equipos Críticos	Descripción del Sistema
Torno	<p>El torno es una máquina- herramienta que permite mecanizar piezas de forma geométrica de revolución (cilindro, conos, hélices). Estas funcionan haciendo girar la pieza a mecanizar mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento de avance contra la pieza, cortando las partes sobrantes en forma de viruta. En el torno se identifican dos movimientos de trabajo: a) Movimiento de avance (paralelo al eje de la pieza) y b) Movimiento de Penetración (perpendicular al movimiento de avance). Los tipos de mecanizados conseguidos con esta máquina-herramienta son: Refrentado o desbaste frontal, desbaste lateral o cilindrado, perforados, desbaste cónico, ranurado, roscado, moleteado, entre otros.</p>
Fresadora Universal	<p>La fresadora, es una máquina herramienta cuya función es crear piezas de determinadas por arranque de viruta mediante el uso de una herramienta rotativa denominada fresa. Hay diversos tipos de fresadoras. La fresadora universal se destaca de las demás por su versatilidad, ya que tiene la particularidad que tiene dos portaherramientas: el primero se halla en el cabezal, donde se encuentra el husillo para la fresa, con un amplio rango de movimientos en distintas direcciones, tanto horizontales como verticales. El segundo está en su mesa con el parecido de un torno, donde se coloca la pieza a mecanizar. Con ambos portaherramientas juntos funcionando, se puede crear piezas</p>

	con gran complejidad. Las operaciones de fresado son: planeado, fresado en escuadra, cubicaje, corte, ranurado recto, entre otros.
Alesadora	La alesadora o mandriladora, es una máquina herramienta que permite ensanchar cilíndricamente un agujero o una cavidad, hasta que ésta posea una determinada dimensión diametral acorde a las necesidades. La característica principal del alesado es la utilización de un árbol portaherramienta giratorio y desplazable al que se denomina mandril. Con estas herramientas es más fácil trabajar superficies cilíndricas interiores paralelas en piezas de gran volumen o de difíciles de manipular. Así mismo, es posible rebajar o frentear zonas exteriores normales a los agujeros mandrilados.
Talador Fresador	El taladro es una máquina herramienta con la que se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Se denomina taladro fresador al tipo de talador que posee movimiento en los tres ejes (x,y,z). De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesaria en la mayoría de componentes que se fabrican.

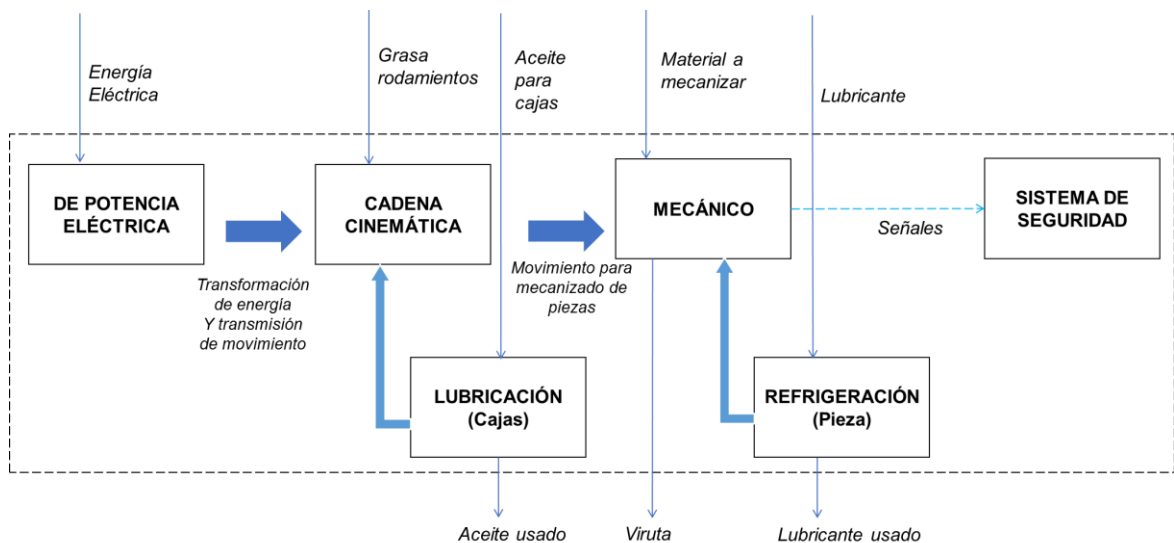
Fuente: Autores basados en búsqueda de diversas fuentes⁶

⁶ GOMEZ, Simón. Procedimientos de Mecanizado. 2006. Editorial Paraninfo
ROSSI, Mario. Máquinas y Herramientas Modernas. 2012. 8va Edición. Editorial DOSSAT S.A.

6.3.2 Diagrama Funcional. El siguiente paso dentro del proceso de RCM, es describir los sistemas en torno a sus subsistemas. Para ello, se hace uso de un diagrama funcional, el cual ilustra la interacción entre los diferentes subsistemas para que el sistema estudiado cumpla su función.

Dado que los equipos estudiados son máquinas-herramientas que comparten subsistemas, es posible representarlos en un solo diagrama. A continuación, se encuentra la ilustración que describe la interacción entre los subsistemas de los equipos estudiados:

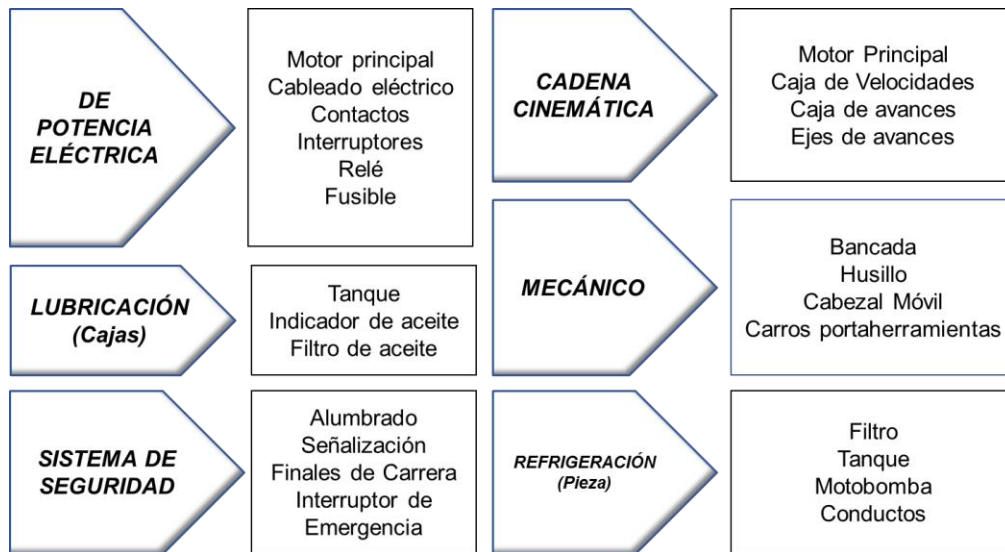
Figura 15. Diagrama funcional de las máquinas-herramientas analizadas



Como se explicó en el párrafo anterior, dada la naturaleza de las máquinas estudiadas, los subsistemas y su interacción es similar. La diferencia principal entre los sistemas/equipos este podrá ser observada a continuación, en dónde se desglosan los componentes que componen cada subsistema.

6.3.3 Estructura del sistema y sus componentes principales. Los subsistemas mostrados en el diagrama funcional son conformados por diversos componentes y/o estructuras necesario para el ejercicio de su función. En las siguientes figuras se enlistan estos componentes y acciones específicas del equipo para realizar su tarea:

Figura 16. Componentes principales de los subsistemas del torno



Los demás componentes pueden ser observados en el anexo B.

6.4 FUNCIONES DEL SISTEMA Y FALLAS FUNCIONALES

Tomando en consideración las definiciones del sistema y la delimitación de sus subsistemas, es necesario definir las funciones de los subsistemas de forma general y concentrar la atención en las fallas funcionales, es decir, en las circunstancias en las que se considera que el subsistema ha perdido sus funcionales. Los resultados se observan en la siguiente tabla:

Tabla 7.Fallas Funcionales de los subsistemas







NOMBRE DEL SUBSISTEMA	FUNCIÓN N.	FALLA FUNCIONAL N.	DESCRIPCIÓN
DE POTENCIA ELÉCTRICA	1		Proporciona energía eléctrica de alimentación para todo el sistema.
		1.1	El sistema no cuenta con energía eléctrica.
		1.2	El sistema cuenta con energía eléctrica pero no funciona adecuadamente.
		1.3	El motor eléctrico no enciende
CADENA CINEMÁTICA	2		Generar, transmitir y regular los movimientos de los elementos del torno según las operaciones a realizar. Transmitir el movimiento proporcionado por el motor eléctrico a través de los engranajes y poleas que conforman la cadena cinemática en el movimiento rotatorio exacto y necesario para cumplir con la labor requerida en el mecanizado
		2.1	El motor eléctrico gira, pero no se transmite el movimiento
		2.2	El motor eléctrico gira, hay transmisión de movimiento, pero el movimiento es inexacto o el esfuerzo insuficiente
		2.3	La velocidad de giro del eje no es la apropiada
		2.4	Los avances del torno son inexactos
		2.5	No se transmite el movimiento al husillo
MECÁNICO	3		En el sistema mecánico, la bancada es la base o apoyo del torno. Contiene guías cuya precisión determina el desempeño del torno. El cabezal transmite y limita la potencia real de la máquina y transmite el movimiento al husillo/fresa que permite realizar la acción de mecanizado. Las palancas permiten seleccionar velocidades y/o comandar los movimientos del equipo.

		3.1	El husillo/fresa no transmite el movimiento requerido para la mecanización de la pieza.
		3.2	No se transmite potencia al equipo.
		3.3	La mordaza no sostiene el material sometido a movimiento rotacional.
		3.4	El sistema de guías no funciona adecuadamente.
		3.5	Los avances del equipo son inexactos.
		3.6	No hay movimiento en el husillo/fresa.
LUBRICACIÓN	4		Garantizar cierta cantidad de lubricante a cada elemento que lo requiere (Cajas de avances y cajas de velocidades)
		4.1	El aceite lubricante se encuentra en niveles inadecuados para el funcionamiento de la máquina.
REFRIGERACIÓN	5		Refrigerar la pieza para evitar sobrecalentamientos, afectación del material, de la maquinaria y del acabado de la misma
		5.1	No hay flujo de refrigerante
		5.2	Hay flujo de refrigerante, pero la pieza se sobrecalienta
SISTEMA DE SEGURIDAD	6		Evitar incidentes de seguridad en operarios de la máquina.
		6.1	El pedal de parada no funciona.

6.5 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y SUS EFECTOS

6.5.1 Análisis de criticidad por subsistemas. Dada la complejidad de los subsistemas, se cree necesario realizar un análisis de criticidad por subsistemas, para garantizar que los recursos y las tareas asignadas realmente optimicen el plan de mantenimiento a implementar. Es por ello que se realiza un Análisis de Criticidad por subsistemas para identificar la incidencia de cada uno en las fallas globales que presenta el equipo. Para ello se aplica el mismo análisis de criticidad descrito en el ítem 6.1.2, y los resultados del sistema ME-TP-02 (Torno) se muestra en la tabla 8, mientras que los resultados de los demás equipos puede encontrarse en el anexo C.

Tabla 8. Criticidad por subsistemas ME-TP-02

ME-TP-02							
SUBSISTEMA	FF	TPR	IP	CR	SAH	Criticidad	Nivel de criticidad
<i>Cadena Cinemática</i>	2	3	10	3	1	 68	C
<i>Mecánico</i>	1	2	10	10	1	 31	C
<i>De potencia Eléctrica</i>	2	1	10	3	2	 30	C
Refrigeración	1	1	4	7	1	 12	MC
Sistema de Seguridad	1	1	1	5	3	 9	NC
Lubricación	1	1	4	3	1	 8	C

6.5.1 Matriz de Falla Funcional por componentes/equipos. Esta matriz, pretende establecer relaciones entre las fallas funcionales críticas y todos los componentes físicos del sistema, y puede demostrar que la falla funcional de un sistema puede estar vinculada a un componente de otros subsistemas.

Figura 17. Matriz de fallas funcionales para ME-TP-02

FALLA FUNCIONAL		El sistema no cuenta con energía eléctrica								
		El sistema cuenta con energía eléctrica pero no funciona adecuadamente.								
		El motor eléctrico no enciende								
		El motor eléctrico gira pero no se transmite el movimiento								
		El motor eléctrico gira, hay transmisión de movimiento pero el movimiento es inexacto o el esfuerzo insuficiente								
		La velocidad de giro del eje no es la apropiada								
		Los avances del torno son inexactos								
		No se transmite el movimiento al husillo								
		El aceite lubricante se encuentra en niveles inadecuados para el funcionamiento de la máquina.								
# Sistema	Componente									
1	Motor principal		1	1				1	1	4
1	Cableado Eléctrico	1	1	1						3
1	Contactos		1							1
1	Interruptores		1							1
1	Relé		1							1
1	Fusible		1							1
2	Caja de velocidades				1	1		1	1	5
2	Caja de avances				1	1		1	1	4
2	Eje de avances				1	1		1	1	4
3	Bancada							1		1
3	Husillo y plato husillo				1	1		1	1	4
3	Carros Long y Trans				1	1		1		3
3	Portaherramientas							1		1
4	Tanque									0
4	Indicador de Aceite									0
4	Filtro de aceite									0
5	Filtro de Lubricante									0
5	Tanque de Lubricante								1	1
5	Motobomba								1	1
5	Conductos								1	1
6	Alumbrado									0
6	Señalización									0
6	Finales de Carrera									0
6	Interruptor Emergencia									0

En la figura 17, se aprecia la combinación de fallas funcionales de los subsistemas críticos con los componentes identificado del sistema/equipo ME-TP-02 (Torno). Cruzando la información de esta tabla, es posible identificar que componentes son los recurrentes en las posibles fallas funciones que afectan el sistema, sin importar su tipo. Estos componentes serán analizados mediante un análisis de modos y efectos de falla. La matriz de fallas funcionales para los demás. Las matrices funcionales para el resto de equipos críticos se presentan en el anexo D.

6.5.2 Análisis FMEA o AMEF. El análisis de modo y efectos de falla, AMEF (en inglés, FMEA, Failure Mode Analysis and Effects), es una herramienta que permite identificar las causas de falla en un equipo o en un proceso y contribuye a proponer acciones que reduzcan o eliminen las propiedades de falla.

Un modo de falla se define como la manera en que un componente debe fallar con el fin de producir una falla funcional. La causa, es la razón u origen que se presente la falla funcional y se manifiesta por medio de un efecto. El efecto, es la consecuencia de la falla que puede representarse a diferentes niveles (local, del sistema o a nivel de planta o línea de proceso).

En la tabla 9, se aprecian los resultados de aplicar esta herramienta al equipo ME-TP-02 (Torno paralelo), y los resultados para las demás máquinas se observan en el anexo E.

Así mismo, en AMEF permite reconocer y evaluar fallas potenciales, y documentar los hallazgos del análisis. Es por esto que en la aplicación móvil se ha concebido una sección que permita Guía para solucionar inconvenientes presentados por los equipos críticos basada en el análisis de modos y efectos de falla. Esto permitirá a los operarios contar con una información pertinente respecto a posibles causas de las fallas y reportar de forma más concreta y estandarizada las dificultades presentadas con la máquina. Adicionalmente, la aplicación contribuirá a tener un registro del diagnóstico de posibles causas de fallas detectadas por los operarios. De igual forma, esta herramienta puede aplicarse a equipos no críticos en caso que se presenten inconvenientes recopilando información para crear el AMEF de estos equipos mientras se van solucionando problemas.

Tabla 9. Modos y efectos de falla de ME-TP-02.

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	EFECTO	
				LOCAL	SISTEMA
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	No enciende	No se puede mecanizar
			El interruptor está dañado		
			El motor está defectuoso		
		El motor zumba, pero no gira	El motor está defectuoso	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño	
			Cableados defectuosos	Posible cortocircuito	
			Problemas con capacitor	Impide que el motor gire	
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño	
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento		
			No tiene las tres fases	El motor puede quemarse	
		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	Vibraciones en el motor	

			Rotor desbalanceado		
			Problemas con capacitor	Impide movimiento normal del motor	
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	Sobrecarga motor	Mecanizado no adecuado
			Sobrecarga de corriente		
		Motor zumba, pero no gira	Perdida de una fase		
Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	Ruido y sobrecalentamiento	Mecanizado no adecuado
			Mala operación	Aumenta desgaste máquina	Mecanizado mala calidad
Husillo y plato husillo	Sistema que porta el semiproducto	Vibración	Rodamientos en mal estado	Ruido y sobrecalentamiento	No se puede mecanizar con precisión
		Desalineamiento			
		Par de giro irregular	Desajustes, sobrecalentamiento	Aumenta tiempo de mecanizado	
		No gira el plato	Correas de transmisión estiradas	Daño permanente en correas y poleas	No se puede mecanizar
Desgaste o corrosión en poleas					
Mordaza	Sostiene el material a mecanizar	Inexactitud mecanizado en	Desgaste en la muelas y guías	Desgaste	Mecanizado no adecuado
			Viruta acumulada		

		Material se desliza	Fuerza de sujeción insuficiente	Daño en la mordaza	No se puede mecanizar
			Fuerza de corte alta		
Caja de Avances	Permite la variación de la velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes	Deterioro y desgaste de los componentes	Mecanizado no adecuado
			Desgaste en acoplamiento		
Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Daño de engranajes				
	Problemas de lubricación				
Carros	Produce movimientos en dirección axial	Descarrilamiento	Mal montaje del elemento	Desgaste	No se puede mecanizar
		Desplazamiento de frenado	Obstrucción en guías de bancada		Mecanizado no adecuado

6. 6 ANÁLISIS DEL ÁRBOL LÓGICO

Tal como se explicó en la sección 3.2, el análisis del árbol lógico de Fallas (o Logic Tree Analysis en inglés [LTA]), permite catalogar los modos de falla de acuerdo a los efectos que tiene sobre el sistema. Este parte del hecho que todas las funciones, las fallas funcionales y los modos de falla no son iguales, y por lo tanto no deben ser tratados de igual forma.

Por medio de una estructura de decisión, mostrada en la figura 6. Sección 3.2, cada falla será identificada o catalogada en uno de los tres grupos para fallas ocultas y evidentes. La nomenclatura se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 10. Clasificación de fallas en análisis de árbol lógico

	Evidente	Ocultas
Relacionada con la seguridad	A	D/A
Relacionadas con la interrupción	B	D/B
relacionadas con el aspecto económico	C	D/C

Con base al análisis de Modos y efectos de falla, se presenta los resultados del análisis del árbol lógico para el torno en la tabla 11, en la que también se muestran los resultados de la selección de tareas de mantenimiento como se explica en la siguiente sección:

6.7 SELECCIÓN DE TAREAS

La selección de tareas se realiza de acuerdo a un Mapa de selección de la figura 7 y que permite diferenciar 4 tipos de tareas:

Tipo I: Las tareas son predeterminadas con intervalos de tiempo para prevenir o retardar la falla.

Tipo II: Relacionadas con la medición de parámetros para correlacionar las condiciones de falla y detectarla.

Tipo III: Descubrir una falla oculta antes de que se manifieste.

Tipo IV: Decisión deliberada de llevar a Falla.

Esta clasificación de tareas permite optimizar recursos y tiempos en las actividades de mantenimiento. Estas tareas o acciones a implementar actividades aisladas, sino que se consideran como correcciones o complemento a las actividades de mantenimiento programadas por la empresa en conjunto con algunas recomendaciones recolectadas de los fabricantes de la maquinaria. Por ello, en la tabla 10 y en el anexo F, se presentan los resultados de los equipos críticos en los cuales se observa la clasificación de los modos de falla según el árbol lógico de tareas, y los tipos de acciones recomendadas según el esquema de selección de tareas. Seguidamente, se enuncian las acciones evidentes a implementar para evitar la ocurrencia de las fallas y cómo estas deben incluirse en el plan de mantenimiento de la empresa estudiada.

Tabla 11. Resultados de LTA y selección de tareas de ME-TP-02

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	Resultados del LTA	Tipo de acción	Acción a implementar	Complemento al Plan de Mantenimiento
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	B	Tipo 1	Encender interruptor siempre al inicio de la jornada	Añadir tarea a inspección diaria del equipo.
			El interruptor está dañado			Revisión periódica	Añadir a inspección semanal.
			El motor está defectuoso	C		Cambio de partes averiadas - cambio del motor	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.
		El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	B	Tipo 1	Cambio de partes averiadas	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.
			Cableado-Bobina defectuosa			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.

			Problemas con capacitor			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	D/C	Tipo 3	Revisión periodica de circuitos eléctricos.	Añadir a inspección mensual para detectar fallas ocultas
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento			Revisión periódica de mangueras y filtros del sistema de enfriamiento.	
			No tiene las tres fases			Revisión periodica de circuitos eléctricos.	
		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	D/B	Tipo 1	Revisión de componentes mecánicos y eléctricos. Cambio de rodamiento y capacitores.	Añadir a inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Rotor desbalanceado				
			Problemas con capacitor				
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	D/B	Tipo 3	Revisión periódica de integridad de cables eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Sobrecarga de corriente				

		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase	B	Tipo 1	Revisión periódica de circuitos eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	B	Tipo 1	Revisión de nivel de aceite más frecuente.	Supervisar la revisión del nivel de aceite diariamente.
			Mala operación	C/D	Tipo 3	Capacitación al personal	Charlas y capacitaciones al personal cada 6 meses.
Husillo y plato husillo	Sistema que porta el semiproducto	Vibración	Rodamientos en mal estado	B	Tipo 1	Cambio frecuente de rodamientos según tiempo de uso.	Revisión de rodamientos - Trimestral
		Desalineamiento					
		Par de giro irregular					
		No gira el plato	Correas de transmisión estiradas	B	Tipo 1	Revisión y ajuste de correas.	Revisión de correas - mensual
	Desgaste o corrosión en poleas	Cambio de poleas por desgaste según tiempo de uso y esfuerzo de la máquina.	Añadir a acciones correctivas anuales				

Mordaza	Sostiene el material a mecanizar	Inexactitud en mecanizado	Desgaste en la muelas y guías	B	Tipo 4	Cambio de mordaza	Añadir revisión de integridad de mordaza - Semestral para programar cambio
			Viruta acumulada	B	Tipo 1	Limpieza de viruta - Diaria	Añadir limpieza de viruta a Inspección diaria
		Material se desliza	Fuerza de sujeción insuficiente	B	Tipo 1	Cambio de mordaza	Añadir revisión de integridad de mordaza - Semestral para programar cambio
			Fuerza de corte alta				
Caja de Avances	Permite la variación de las velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes	B	Tipo 1	Aumentar frecuencias inspección integridad mecánica. Cambio de engranajes.	Inspección de integridad mecánica en cajas- Trimestal.
			Desgaste en acoplamiento			Inspección frecuente y en caso de ser necesario cambio de acoplamiento	Añadir inspección en acoplamiento - Trimestral

			Daño de engranajes			Cambio de engranajes.	Inspección de integridad mecánica en cajas- Trimestal.
		Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Problemas de lubricación			Lubricación apropiada diariamente.	Añadir/Supervisar lubricación en inspección diaria
Carros	Produce movimientos en dirección axial	Descarrilamiento	Mal montaje del elemento	B	Tipo 1	Revisión frecuente de alineamiento de componente.	Añadir revisión de alineamiento en inspección diaria.
		Desplazamiento de frenado	Obstrucción en guías de bancada	B	Tipo 1	Limpieza de guías de elementos externos.	Añadir limpieza de guías en inspección diaria.

Finalmente, las acciones de mantenimiento se clasifican en tareas diarias, semanales, mensuales, trimestrales y anuales, y según el análisis realizado, en la tabla 12 se muestra el plan de mantenimiento ajustado para el torno ME-TP-02 y en el anexo G se muestran las actividades de mantenimiento designadas para los demás equipos críticos.

Tabla 12. Plan de Mantenimiento Ajustado con RCM para Torno ME-TP-02

Frecuencia	Actividades
Diarias	<ul style="list-style-type: none"> - Encender el interruptor de encendido - Verificar conexiones eléctricas - Verificar ajuste de las mordazas - Verificar tornillos de fijación del porta-herramientas - Verificar las barras de roscar - Verificar las barras de cilindrar y mandos - No colocar objetos sobre la bancada - Limpieza de viruta - Limpieza de guías - Revisar alineamiento de los carros
Semanal	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricar ruedas de cambio - Lubricar cojinete intermedio de lira - Limpieza general - Revisión eléctrica del motor
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección: mecánica - Revisar integridad de cables eléctricos. - Medir consumo de corriente del motor principal - Engrasar los rodamientos de los motores eléctricos - Engrasar la cadena y piñón del motor de avance rápido
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar filtro de sistema de refrigeración - Revisión de rodamientos - Revisión de correas - Revisión de integridad de la mordaza

	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de caja de avances - Revisión de caja velocidades
Anual	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de aceite de la caja de mando - Cambio de aceite de la caja de avances - Cambio de aceite del cabezal del husillo - Limpieza de los filtros de lubricación - Inspección de anclaje y pintura - Revisión general de la parte mecánica - Revisión general motores eléctricos - Regulación y ajuste del juego al desgaste: embrague, guías del carro longitudinal y transversal, carro superior, cojinetes del husillo

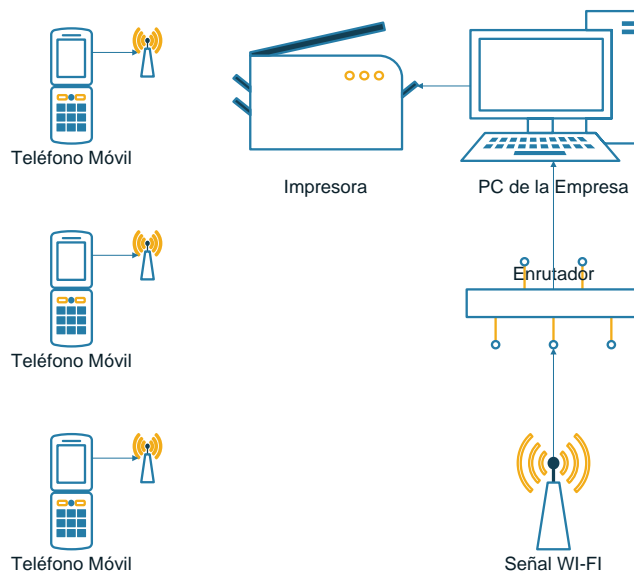
7. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INDUSTRIAS MICROBARRANCA (SIPAMIN)

Nota: El diseño del sistema de información, su programación en Visual Basic para aplicaciones, Php, Android (Java y XML) fue realizada en su totalidad por los autores.

7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DISEÑADO

Para lograr los objetivos planteados para el sistema de información, el diseño de éste, se basó en la interacción de un ordenador con una base de datos local que será actualizada y llenada mediante los equipos celulares tipo Smartphone con los que cuentan los operarios. Esta base de datos se conectará mediante red local WI-FI (figura 16) permitiendo el paso de datos directo entre los operarios y los registros de la computadora central, la cual tendrá la información precisa, completa y actualizada de las ordenes de mantenimiento y hojas de vida de los equipos de la empresa sin ser necesario que la aplicación de escritorio permanezca en uso en la computadora que la almacena.

Figura 18. Interacción general del sistema de información



Para llevar a cabo la conexión entre dispositivos Android y el dispositivo Windows se dispuso del paquete de software WAMP server, cuyas siglas significan (**W**indows, como sistema operativo; **A**pache, como servidor web; **M**ySQL, como gestor de bases de datos; **P**HP, como lenguajes de programación) de los cuales se utilizarán:

Apache: permite que el equipo con Windows funcione como servidor Web y pueda ser identificado desde cualquier dispositivo en la misma red local solo con saber su dirección IP (protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)).

Debido a que la base de datos será local, para evitar costos extras y aumentar la seguridad evitando subirla a la “Nube”, no se utilizará MySQL como gestor de bases de datos, en su lugar se usará MS Access debido a su fácil manejo en bases de datos locales y de creación de interfaces de usuario rápidas y editables con pocos conocimientos de ofimática. Debido a que el paquete Wamp viene predispuesto para trabajar con bases de datos MySQL, es necesario implementar el estándar ODBC que permite el acceso a cualquier dato de las bases de datos desarrolladas mediante SQL Access Group (SAG) desde cualquier aplicación.

Php: permite comunicación entre la base de datos local y la aplicación móvil mediante el protocolo Http con la impresión de código JavaScript Object Notation (JSON), el cual es de fácil lectura entre las dos plataformas utilizadas para el presente trabajo, esta programación se realizará emulando un Web Service local que dirija a la aplicación móvil a la IP específica del dispositivo Windows.

La interface del sistema de información se dividirá en dos aplicaciones, las cuales serán: la aplicación móvil para sistema Android y la aplicación de escritorio basada en Access.

7.2 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA SISTEMA DE INFORMACIÓN

Las variables de entrada y salida representan el flujo de datos desde que son ingresados al sistema, su procesamiento y presentación ante el usuario, su correcta

selección aumenta la funcionalidad del software y agilidad en los procesos que se quieren llevar a cabo.

Debido a que el sistema de información se dividirá en dos aplicaciones, las entradas y las salidas tienen dos formas de ingresar y de salir, bien sea por la aplicación de escritorio o por la aplicación móvil, a continuación se representan las entradas que se pueden llevar a cabo desde la plataforma móvil y sus respectivas salidas en la aplicación de escritorio, y las entradas que se pueden realizar desde la aplicación de escritorio y sus respectivas salidas tanto en ella misma como en la aplicación móvil.

Figura 19. Flujo de datos ingresando desde el móvil

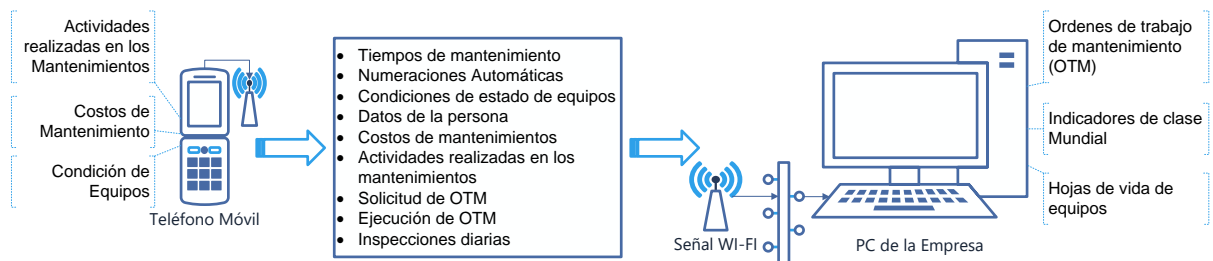
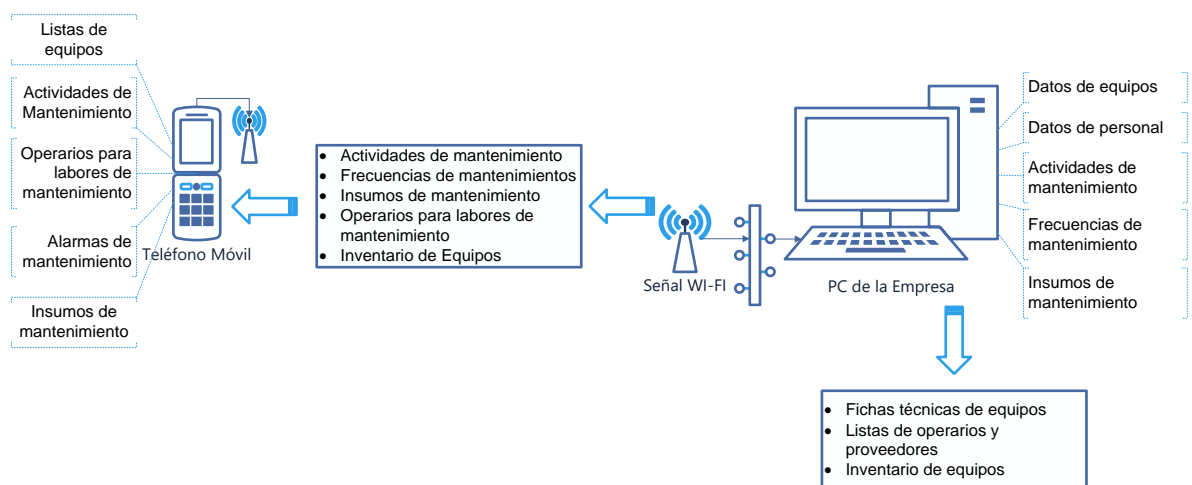


Figura 20. Flujo de datos ingresando desde el ordenador



A continuación, se procederá a explicar las aplicaciones tanto de escritorio como móvil, mediante sus diagramas de flujo, funciones que se pueden hacer desde cada aplicación y los datos que se pueden ingresar y ver en cada una de ellas.


7.3 APLICACIÓN DE ESCRITORIO


La aplicación de escritorio se realiza en base Access, para aumentar las posibilidades de ser editada y mejorada en un futuro, estos tipos de archivos no necesitan ser instalados, pues su formato es .accdb por lo cual podrá ser trasladada de un ordenador a otros solo con la opción de copiar y pegar.


7.3.1 Diagramas de flujo. Los diagramas de flujo representan gráficamente los pasos que se deben seguir para llevar una tarea a su correcta culminación, debido a que el sistema se compone de dos softwares, se procederá a explicar cada uno mediante dos diagramas de flujo resumidos, el primero con las entradas de información al sistema y el segundo con las salidas para cada módulo, cada software tendrá sus dos diagramas y sus respectivas leyendas para su correcta comprensión, Esta información podrá ser ampliada con los diagramas del Anexo H.

7.3.2 Entradas de información. Las entradas a la aplicación de escritorio se realizarán en su gran mayoría al momento de su implementación y automáticamente mediante la aplicación móvil, pero gran parte de esta información podrá ser editada, los datos que se deban ingresar posteriormente al sistema o de forma manual, serán esporádicos y representarán una pequeña porción de los datos totales. El diagrama correspondiente puede apreciarse en la figura 21.


Para la comprensión del diagrama de flujo se presentan las siguientes convenciones:

 Datos que se ingresan al programa en su implementación y solo podrán ser modificados mediante la edición de la base de datos y no por interface.

 Datos que deben ser ingresados manualmente por el encargado de la aplicación de escritorio mediante interface para actualizar información básica.

 Datos que ingresarán al sistema de forma automática mediante la aplicación móvil y que podrán ser editados por el encargado de la aplicación de escritorio.

7.3.3 Salidas del sistema. Las salidas de la aplicación de escritorio contienen la información procesada a la que se puede acceder para la toma de decisiones y generación de reportes, en el diagrama de flujo se seguirán las siguientes convenciones:

 Datos que se pueden imprimir

 Datos que solo pueden ser visibles en pantalla.

Este diagrama se observa en la figura 22.

Figura 21. Entradas de información a la aplicación de escritorio

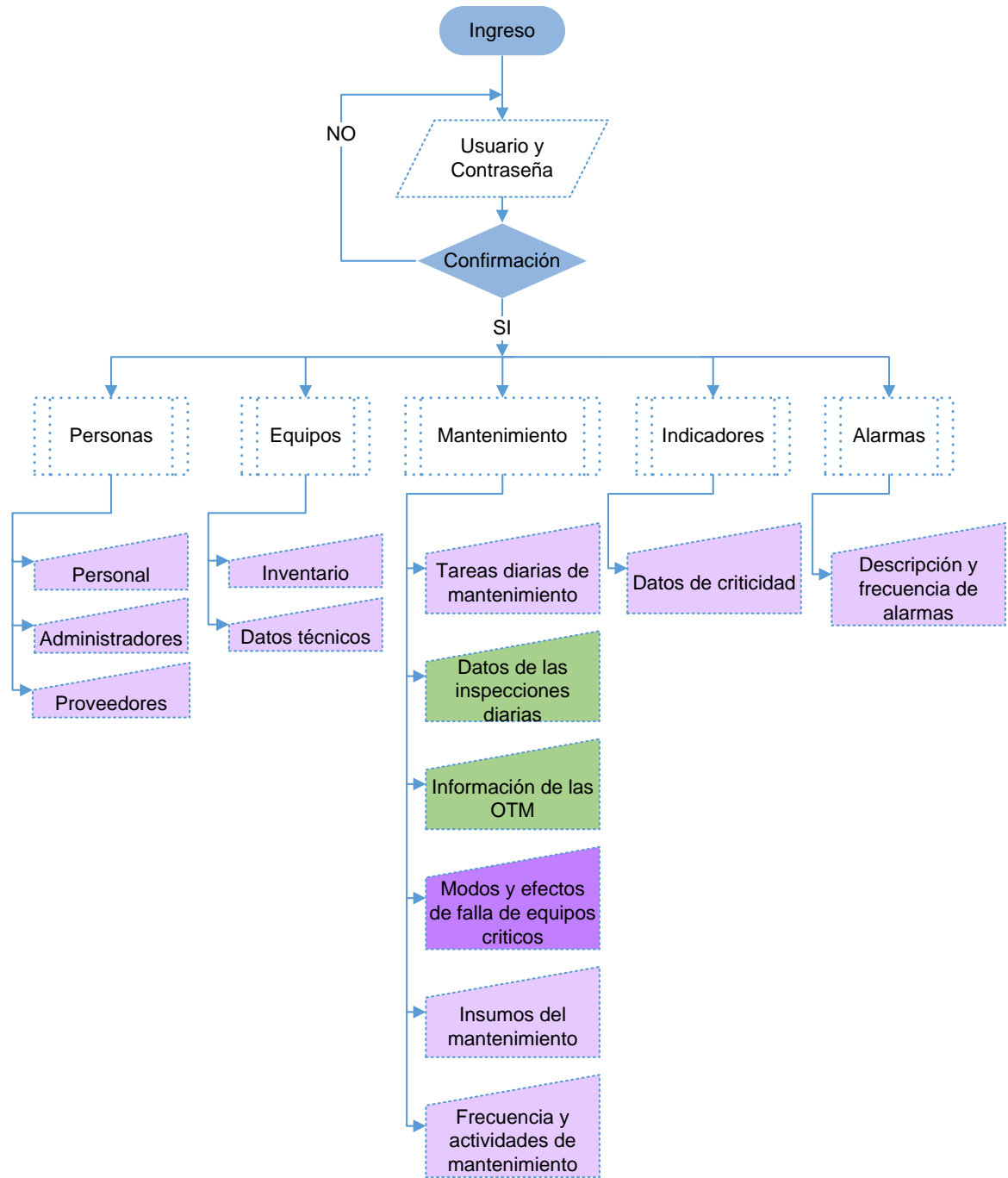
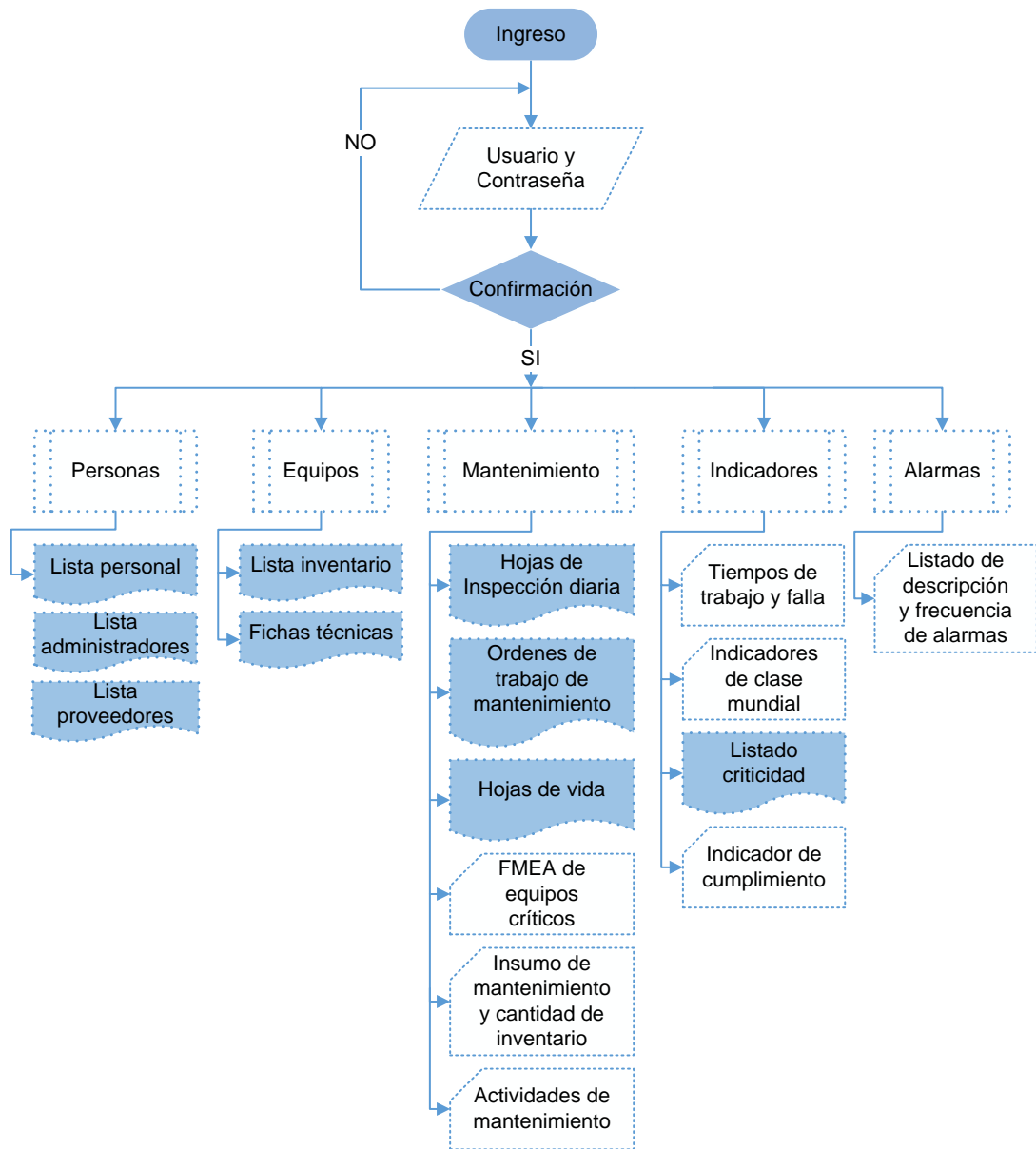


Figura 22. Salidas de información a la aplicación de escritorio



7.3.4 Funciones de las GUI. Las interfaces de usuario permiten la interacción directa con la persona encargada del mantenimiento y aquellos que tengan acceso al sistema de información. El diseño y explicación de cada ventana se encuentra descrita en el anexo J que corresponde al Manual de Usuario del Sistema de Información para la Administración del Mantenimiento de Industrias Nicobarranca (SIPAMIN), a continuación, se procede a explicar las acciones que se pueden realizar desde cada módulo de la aplicación.

Ingreso: Permite el acceso al software al ingresar las credenciales necesarias, que son suministradas a cada persona por un administrador.

Personas: Se encuentra un listado de los datos necesarios del personal de la empresa y sus proveedores.

- *Administrador:* enlista los datos de los administradores su usuario y contraseña esta lista podrá ser impresa y editada mediante sus respectivos botones.
- *Personal:* enlista los datos de los operario y trabajadores su usuario y contraseña, esta lista podrá ser impresa y editada mediante sus respectivos botones.
- *Proveedores:* enlista los datos de los proveedores como datos personales y de contacto, esta lista podrá ser impresa y editada mediante sus respectivos botones.

Equipos: Cuenta con la información relevante de los equipos que se encuentran en la empresa.

- *Inventario:* Presenta información básica de los equipos la cual se podrá editar o imprimir.
- *Fichas Técnicas:* Presenta información más detallada de los equipos la cual desde la ventana principal solo podrá ser editada pero dentro de la edición permitirá ser impresa y guardada.

Mantenimientos: Presenta los datos concretos con los se trabaja el mantenimiento y se llevan a cabo las labores necesarias.

- *Inspección diaria:* Enlista para cada equipo las labores de mantenimiento diario que se le deben realizar y las actividades que se la han realizado día tras día mediante un registro completo de datos, esta lista puede solo ser editada desde la ventana principal e impresa y guardada dentro de la ventana de edición.
- *OTM:* Presenta el listado de las ordenes de trabajo, las cuales aparecen en dos colores: rojo para las ordenes que a un no se han realizado y verde para las que ya se realizaron. Las ordenes de trabajo podrán ser consultadas por equipo o por número, por equipo se obtiene la misma presentación con la variante que aparecen los datos del equipo y sus respectivas OTM, en cambio la consulta por numero permite ver el formato general de OTM diseñado para el software el cual podrá ser impreso.
- *FMEA:* Mediante una tabla permite consultar los modos y efectos de falla del equipo seleccionado, el cual es el resultado del análisis FMEA.
- *Insumos:* Enlista los insumos de mantenimiento por equipo además de su costo y una referencia para mayor especificación de los gastos incurridos en la actividad de mantenimiento.
- *Actividades de mantenimiento:* Permite consultar la frecuencia y actividades que se le deben realizar a un equipo específico.

Indicadores: En esta ventana aparecen los indicadores de clase mundial, además del análisis de criticidad y el cumplimiento que se le ha dado a las OTM.

- *WC Equipos:* Se centra en los índices de Mantenibilidad, Confiabilidad y Disponibilidad, los cuales no se pueden imprimir.
- *WC Costos:* Presenta en pantalla los indicadores de costos: por facturación general y por reposición para cada equipo seleccionado.

- **Criticidad:** En esta ventana se podrán observar los equipos listados por su criticidad la cual podrá ser variada al actualizar los valores de los indicadores para prestar mayor atención a aquellos equipos con índices de criticidad más altos.
- **Cumplimiento:** Este indicador se presenta solo en pantalla y en la misma ventana permite consultar el cumplimiento de las OTM por equipo y de todas las OTM en general.

Alarmas: Presenta la lista de las alarmas que serán cargadas en los equipos celulares de los operarios, las cuales cumplen la función de avisar a cada persona que tenga la aplicación móvil en qué momento se debe llevar a cabo cada mantenimiento dependiendo de su frecuencia.

Formatos Sistema de información:


Figura 23. Formato de ficha técnica

Ficha Técnica						
Imágenes		Código	ME-TP-03			
	Equipo	Descripción		Trabajo		
	Torno Paralelo	0,8 [m] de Volteo		Turno		
	Peso	1850 Kg	Largo	2495 [mm]	Fabricante	MASHSTROY
	Alto	1400 [mm]	Ancho	1220 [mm]	Modelo	C11MTM
Motores						
	Función	KW	Volt	RPM	HZ	Tipo
	Bomba de refrigerante	0,180	220	2800	60	
	Principal	7,5	220/440	1460	60	
	Marcha rapida	0,550	220	950	60	
Datos Técnicos			Sistemas			
Descripción	Valor		Sistema	Tipo		
Ancho de banca	360 [mm]		Electrico	V = 220 [v] F = 60 [Hz]		
Volteo sin escote	775 [mm]		Hidraulico	Bomba de engranajes		
Cono Interior del Husillo (Métrico)	#80		Refrigeración	Mezcla Aceite soluble y agua (Taladrina)		
Diametro para material de barra	62 [mm]		Lubricación	Bomba de engranajes		
Distancia entre puntas	1000 [mm]					
Alturas de las puntas	380 [mm]					

Figura 24. Inspección Diaria

Inspección Diaria

Imágenes



Código:

Equipo: Descripción:

Tareas Diarias

Tarea

Limpiar bancada
Revisar niveles de aceite
Revisar toma de potencia
Cerrar tapas del controlador
Lubricar guías de la bancada

Código	Fecha	Estado	Inconveniente	Se Soluciona	Se Puede Trabajar	OTM
ME-TP-01	16/01/2017 10:58:25 a. m.	Sin inconvenientes	No Aplica	No Aplica	Si	No
ME-TP-01	16/01/2017 10:59:12 a. m.	Con inconvenientes	No arranca	Si	Si	No

Figura 25. OTM General

Consulta OTM general

numero OTM: **0002**

Código: ME-AL-01

Fecha Inicio: 16/01/2017 4:48:03 p. m.

Fecha Fin: 16/01/2017 4:49:18 p. m.

Solicita: Rafael Antonio

Prioridad: Correctivo Tipo: Normal

Imágenes



Descripción

Mandrilladora de 2 [m]

Fabricante: Modelo: TX 611B

Efecto Presentado	Modo En Que Se Presenta	Componentes	Causa	Controles Realizados
Impide el mecanizado vertical	Vibraciones	CABEZAL	Inclusión de elementos ajenos	Ajustar el cabezal en general

Asignado: Rafael Antonio

Cantidad	Descripción	Referencia	Valor Us	Valor Total
1	Aceite	1/8 ISO 68	\$8.125	\$8.125
1	Limpiones	Nuevo	\$3.000	\$3.000

Costo Mano De Obra: \$12.000

Costo Insumos: \$11.125

Costo Total del Mantenimiento: \$23.125

7.4 APLICACIÓN MOVIL

La aplicación móvil está diseñada mediante Android Studio para versiones de SDK superiores a la 15 (Android 4.0.3 IceCreamSandwich) por consiguiente será soportada solo por Smartphone que cuenten con sistema operativo Android con SDK igual o superior a esta versión. Los diagramas de flujo de la aplicación se presentan en el anexo I.

La aplicación está contenida en el Google Drive de la empresa en formato APK con el nombre Mantenimiento, en un link de descarga directa al cual se podrá acceder mediante la lectura del siguiente código QR.


Figura 26. Código QR para la descarga de la aplicación móvil



7.4.1 Entradas de información. Las entradas del sistema por parte de la App se limitan a los datos que ingresan directamente o seleccionan de la base de datos los operarios por medio de su móvil, los cuales seguirán las siguientes convenciones:



Datos que el usuario debe ingresar manualmente a la aplicación.

 Datos en los que la aplicación muestra una lista para que el usuario seleccione una opción.


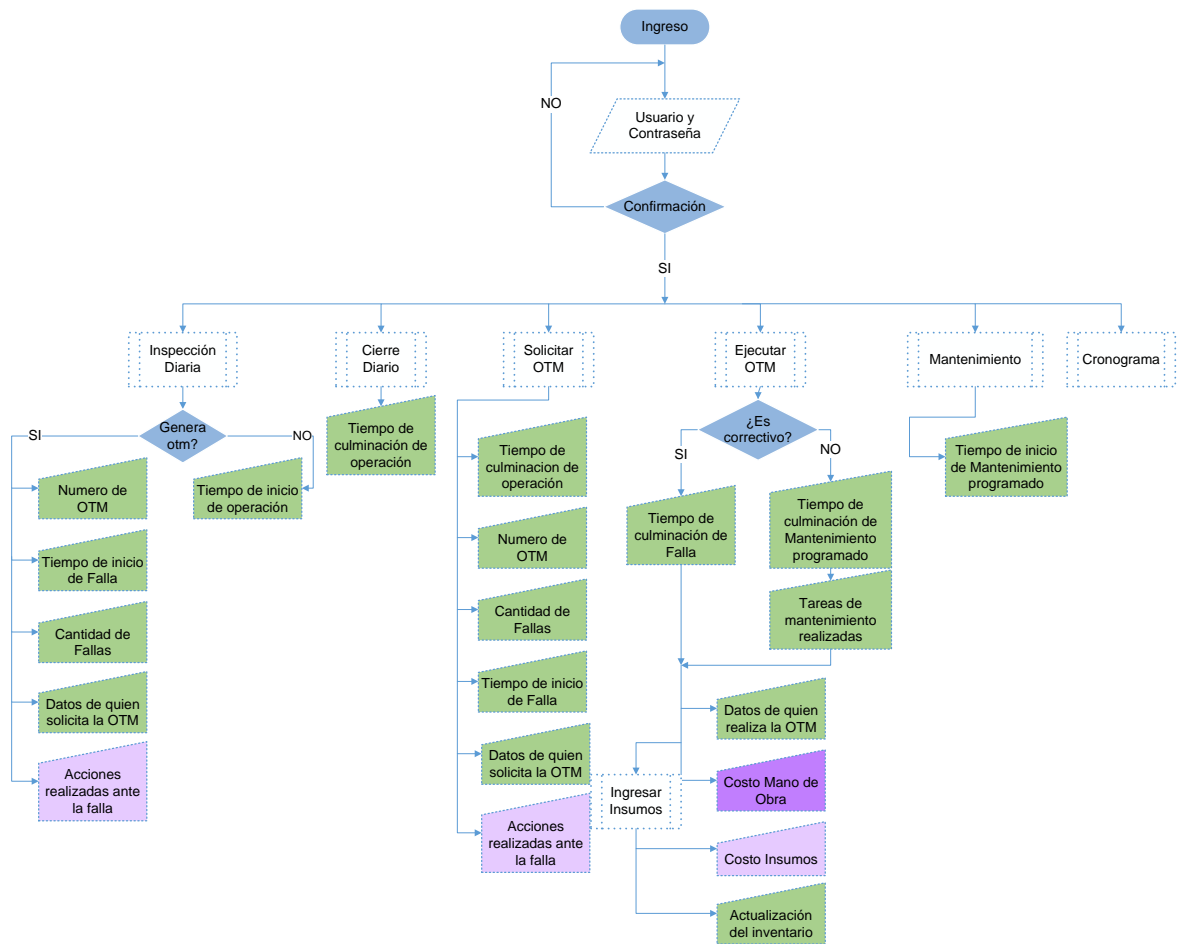
 Datos que la aplicación envía automáticamente a la base de datos sin que el usuario tenga que digitarlos o seleccionarlos.

Figura 27. Entradas de información a aplicación móvil



7.4.2 Salidas del sistema. Las salidas de la App es toda la información que la base de datos le brinda al operario para estar al tanto de alguna situación, tarea o estado en que se encuentran los equipos, de donde el operario podrá seleccionar y llevar a cabo acciones para completar la información necesaria en cada actividad que se quiera realizar.

Las convenciones a seguir será las siguientes:

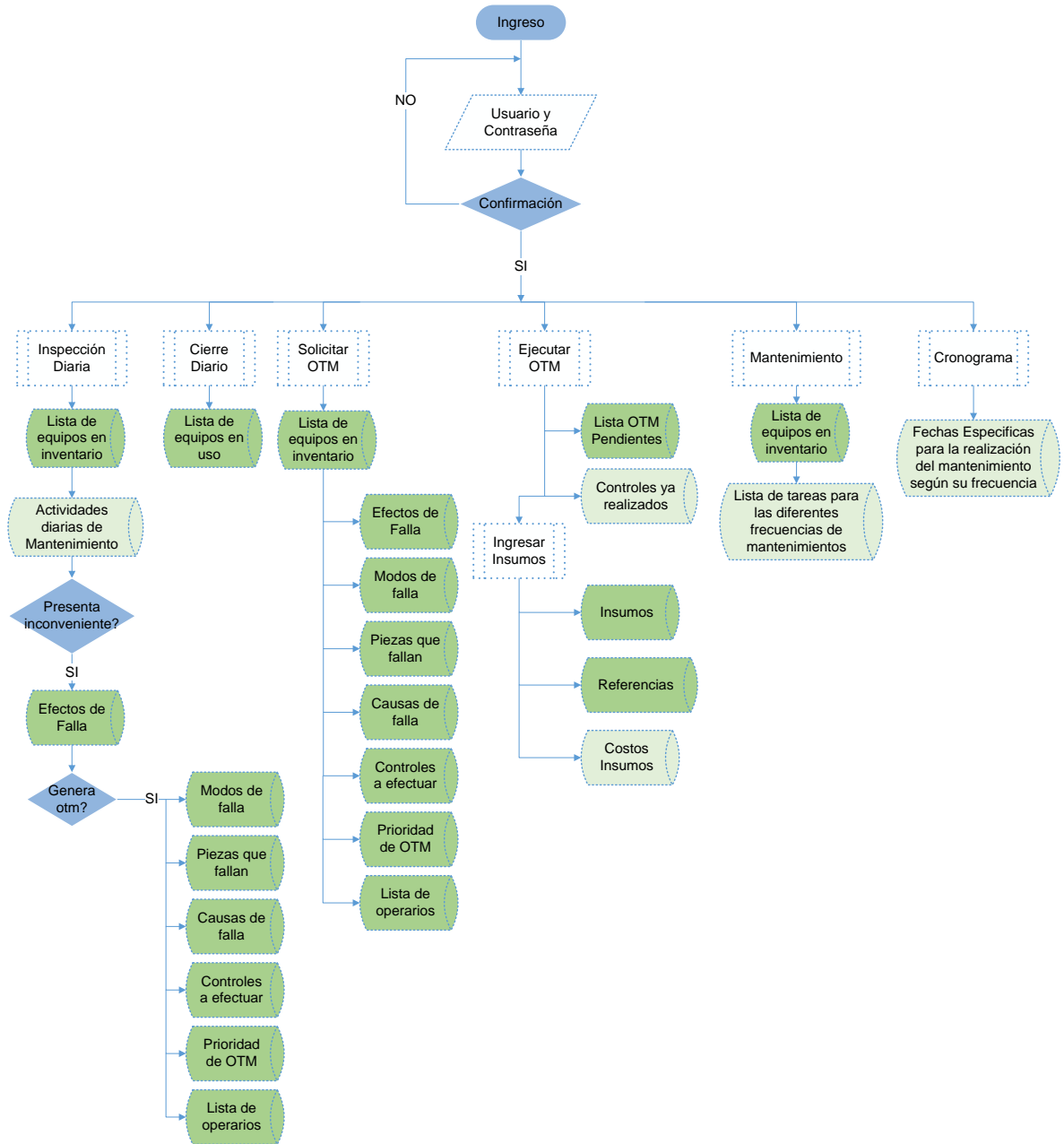


Datos con los que el operario interactúa mediante su selección.



Datos que brindan información, pero con los que no se puede interactuar.

Figura 28. Salidas del sistema de la aplicación móvil



7.4.3 Funciones básicas de las GUI

Ingreso: Es la primera pantalla que aparece al ingresar a la app solicita los datos necesarios de seguridad y de conexión con el servidor de base de datos

Actividades: Enlista las tareas que se pueden realizar con la aplicación Móvil

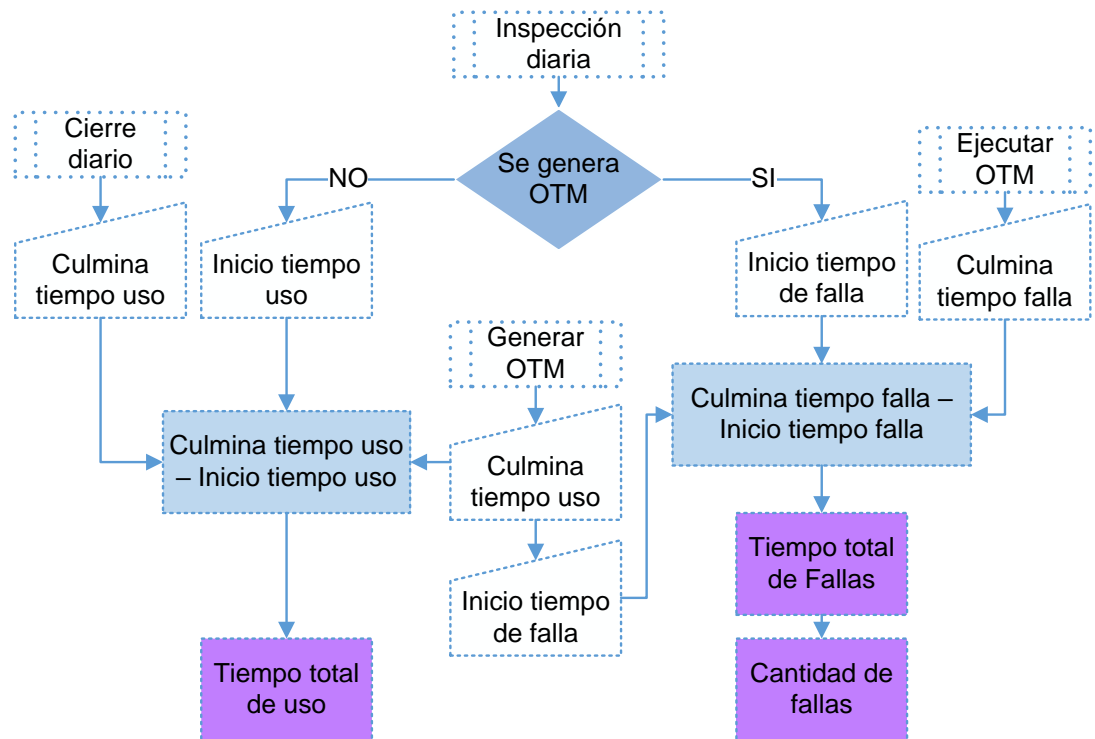
- **Inspección diaria:** permite seleccionar el equipo al que se le desea realizar la inspección, mostrando las tareas que se le deben realizar y guía al operario en una serie de preguntas para obtener información del estado del equipo, pregunta si es necesario generar una OTM si el equipo no se encuentra en óptimas condiciones, para lo cual recomienda ciertas acciones y controles que pueden ayudar a la solución del inconveniente y por ultimo facilita el diligenciamiento de la solicitud de la OTM.
- **Cierre diario:** Visualiza el listado de los equipos que se encuentran en estado de uso y permite cerrarlos enviando la información pertinente a la base de datos.
- **Solicitar OTM:** permite realizar una OTM del equipo que se desee seleccionando o ingresando las fallas que presenta el equipo
- **Ejecutar OTM:** Enlista las OTM que se han solicitado a nombre de la persona dueña del móvil y permite ingresar insumos, costos y cantidades de los insumos del mantenimiento, así como mano de obra, al terminar es posible ver en la aplicación de escritorio el formato de OTM totalmente diligenciado.
- **Mantenimiento:** Permite seleccionar el equipo y la frecuencia del mantenimiento que se le quiere realizar, enlista las tareas que se deben llevar a cabo y genera solicitudes de OTM de mantenimiento preventivo que se deberán llevar a cabo mediante la opción de Ejecutar OTM.
- **Cronograma:** Es un calendario que muestra gráficamente los días que se le deben realizar mantenimiento a los equipos cargando las alarmas al calendario oficial del celular móvil.

7.5 ÍNDICES DE CLASE MUNDIAL

Para poder calcular los Índices de clase mundial es necesario tener un registro del tiempo que un equipo está en uso, el tiempo que está en falla y la cantidad de fallas que este presenta, con estos datos se pueden aplicar las ecuaciones presentadas en el marco teórico de este libro.

Para poder tener a mano estos registros y hacer un cálculo más detallado de los índices, el sistema de información obtiene los datos de tiempo mediante los registros presentados en los respectivos módulos de la aplicación móvil, a continuación, se presenta bajo que módulos se obtienen cada uno de los registros de tiempo necesario y como operan para calcular los valores de tiempo necesarios.

Figura 29. Cálculo de índices de gestión de equipos



$N^{\circ} \text{ Fallas} = \text{Cantidad de fallas}$

$TTO = \text{Tiempo total de uso}$

$TTF = \text{Tiempo total en fallas}$

Para gestión de Equipos:

- **Índice de Confiabilidad:**

$$MTBF = TTO / N^{\circ} \text{ Fallas}$$

- **Índice de Mantenibilidad:**

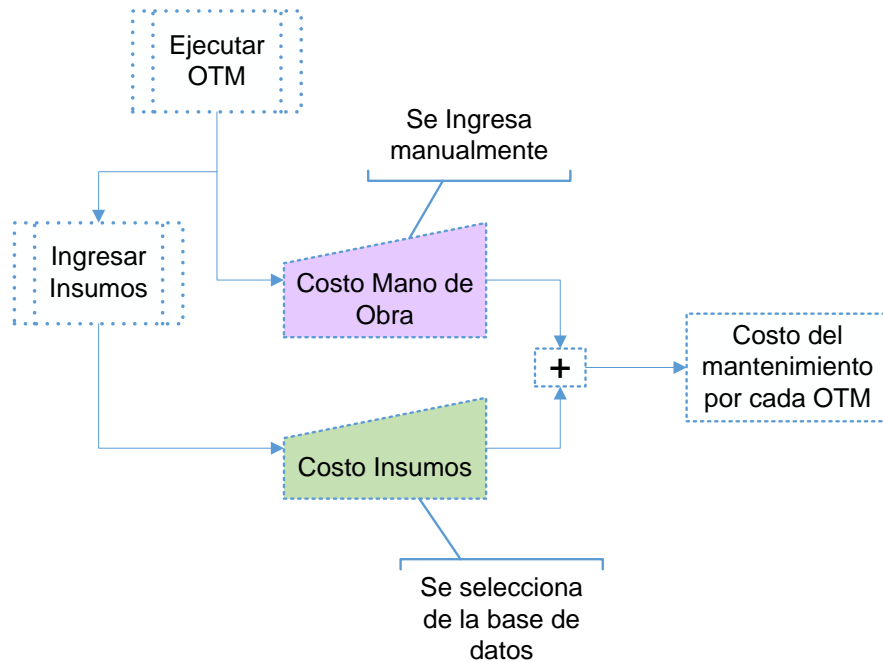
$$MTTR = TTF / N^{\circ} \text{ Fallas}$$

- **Disponibilidad:**

$$D = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

De igual forma para la gestión de costos se presenta el diagrama de los módulos que permiten obtener los datos necesarios para el cálculo de estos índices.

Figura 30. Cálculo de índices de gestión de costos



$$\text{Costo total de mantenimiento} = \sum \text{costo del mantenimiento por cada OTM}$$

Costo de mantenimiento de un equipo

$$= \sum \text{costo del mantenimiento por cada OTM del equipo analizado}$$

Para gestión de Costos:

- **Costo de mantenimiento por facturación:**

$$CMFT = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Facturación de la empresa}} \times 100$$

- **Costo de mantenimiento por reposición:**

$$CMRP = \frac{\text{Costo de mantenimiento de un equipo}}{\text{Valor de compra del equipo nuevo}} \times 100$$

8. ANÁLISIS FINANCIERO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Para la gerencia de cualquier empresa es necesario identificar el costo/beneficio de la implementación de nuevos métodos o sistemas. Después de todo, la intención final es siempre optimizar recursos, prestar un buen servicio y aumentar el margen de utilidades.

8.1 BENEFICIOS ESPERADOS⁷

Es necesario establecer una clasificación de los beneficios esperados para traducir su naturaleza en términos económicos, por lo tanto, pueden distinguirse así:

- **Beneficios tangibles:** Se refieren a aquellos estimados como ahorros o disminución de costos por algún concepto.
- **Beneficios intangibles:** Se refiere a aquellas ganancias inherentes a la implementación del sistema pero que no pueden cuantificarse ya que responde a apreciaciones subjetivas, tales como incremento de seguridad, optimización en operaciones, ect.

8.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Estos tipos de beneficios cuantificables se relacionarán con una estimación del ahorro en los costos relacionados con la actividad de mantenimiento.

Los costos en mantenimiento están clasificados de la siguiente manera:

⁷ Capítulo 8. Análisis Financiero del mantenimiento Predictivo y Preventivo. Disponible en: catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgd/carvajal_r_jo/capitulo8.pdf

Tabla 13. Clasificación de Costos

Costos	Descripción
Fijos	Representado por los recursos humanos, materiales y equipos necesarios para realizar el mantenimiento. La Mano de obra puede ser interna o de contratación externa.
Variables	Representado por los recursos humanos materiales y equipos asociados a la variación de la producción, paradas de planta.
Financieros	Representado por el valor de repuestos en almacén y el valor total de repuestos (control de inventarios).
Penalización	Representado los costos asociados a la pérdida de beneficios que la empresa sufre a consecuencia de fallas atribuibles a mantenimiento y pueden derivar de: <ul style="list-style-type: none"> • Productos rechazados por mala calidad • Pérdida de materia prima o reprocesamiento • Producción paralizada o a bajo ritmo • Uso ineficiente de la energía • Accidentes laborales • Daños del medio ambiente

Fuente: PERTUZ, Alberto. Apuntes de Clase. Costos de mantenimiento. 2015

Con la información brindada por la personal administrativo de la empresa, se estimaron los costos relacionados con el mantenimiento:

Tabla 14. Análisis de Costos antes de SIPAMIN

ANALISIS COSTOS MANTENIMIENTOS ANTES DE SIPAMIN						
COSTOS	CONCEPTO	PRIMER TRIMESTRE	SEGUNDO TRIMESTRE	TERCER TRIMESTRE	CUARTO TRIMESTRE	TOTALES
FIJOS (MP)	Mano de Obra	\$ 15,000,000	\$ 3,500,000	\$ 3,500,000	\$ 3,500,000	\$ 25,500,000
	Materiales	\$ 30,000,000	\$ 2,200,000	\$ 1,800,000	\$ 2,200,000	\$ 36,200,000
VARIABLES (MC)	Mano de Obra	\$ 500,000	\$ 900,000	\$ 2,000,000	\$ 1,900,000	\$ 5,300,000
	Materiales	\$ 200,000	\$ 300,000	\$ 1,000,000	\$ 800,000	\$ 2,300,000
INDIRECTOS	Supervisión y Administración	\$ 7,800,000	\$ 3,000,000	\$ 4,000,000	\$ 4,000,000	\$ 18,800,000
FINANCIEROS	Repuestos y duplicados	\$ 2,000,000	\$ 4,000,000	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 16,000,000
PENALIZACIÓN	Costos de Fallo	\$ 500,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,500,000	\$ 10,000,000
		\$ 56,000,000	\$ 16,900,000	\$ 20,300,000	\$ 20,900,000	\$ 114,100,000

Fuente: Autores con base en información suministrada por Industrias Nicrobarranca

Cómo puede observarse, la mayoría de los costos relacionados con Mantenimiento se concentran en costos indirectos, fijos y financieros. Los costos generales del primer trimestre del año son los más altos ya que para esta fecha se programa la auditoría de Calidad y la empresa realiza un mantenimiento general programado para todas las máquinas en actividades como: pintura, limpieza, reemplazo de partes defectuosas, para recibir al auditor y garantizar el buen funcionamiento de los equipos en este periodo. No se tiene en cuenta el historial de la máquina, sino que se tiende a reemplazar todo aquello que aparentemente está defectuoso. A medida que el año pasa, los costos variables (concernientes al mantenimiento correctivo) incrementa, aunque los costos fijos por mantenimiento preventivo constantes. Esta tendencia se considera como una seria indicación que algo fallando dentro de la ejecución del Plan de Mantenimiento de la empresa. Así mismo, se considera que la cantidad del presupuesto destinado a costos indirectos (Supervisión y Mantenimiento) es excesivamente alta.

Con la implementación del Sistema de Información SIPAMIN, espera que la administración cuente con información confiable tal como: Indicadores de Clase Mundial y Costos relacionados con mantenimiento en tiempo real, que le permita tomar decisiones más acertadas en las actividades a realizar en los mantenimientos preventivos de todo el año y en especial en el mantenimiento anual reduciendo costos. Así mismo, permite que la gerencia determine cuando una máquina ya no es productiva y debe darse de baja

Ya que las bases de datos se alimentan automáticamente con las actividades cotidianas de los operarios, el tiempo que el personal administrativo debe emplear mensualmente para realizar estimaciones de costos de mantenimiento, supervisar actividades, y analizar si las actividades son las adecuadas, se reduce significativamente representando un ahorro en los costos asociados a esta actividad.

La aplicación de la metodología del RCM, contribuye a ajustar los costos Fijos, ya que se optimizan las actividades de mantenimiento, aumentando la frecuencia de

aquellas que son críticas. Sin embargo, la reducción de los costos variables debe compensar este ajuste. Los costos de Penalización y Costos de Fallo también deberían disminuir, ya que, al optimizar el funcionamiento de las máquinas, la calidad percibida por el cliente aumenta al no presentarse tantas devoluciones por productos no conformes, no es necesario mantener un duplicado en caso de falla y se optimiza el inventario de repuestos e insumos.

Se esperaría que los factores mencionados en términos económicos se representaran de la siguiente manera:

Tabla 15. Análisis de Costos de Mantenimiento con SIPAMIN

ANALISIS COSTOS MANTENIMIENTOS CON SIPAMIN						
COSTOS	CONCEPTO	PRIMER TRIMESTRE	SEGUNDO TRIMESTRE	TERCER TRIMESTRE	CUARTO TRIMESTRE	TOTALES
FIJOS (MP)	Mano de Obra	\$ 7,500,000	\$ 5,000,000	\$ 4,000,000	\$ 5,000,000	\$ 21,500,000
	Materiales - Herramienta	\$ 15,000,000	\$ 2,500,000	\$ 1,800,000	\$ 2,500,000	\$ 21,800,000
VARIABLES (MC)	Mano de Obra	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 2,400,000
	Materiales	\$ 100,000	\$ 100,000	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 600,000
INDIRECTOS	Supervisión y Administración	\$ 3,900,000	\$ 1,500,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 9,400,000
FINANCIEROS	Repuestos y duplicados	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 8,000,000
PENALIZACIÓN	Costos de Fallo	\$ 500,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 3,500,000
		\$ 29,200,000	\$ 12,300,000	\$ 12,000,000	\$ 13,700,000	\$ 67,200,000

Los beneficios tangibles, en términos monetarios, serían un ahorro aproximado del 41 % de los costos de mantenimiento.

Los beneficios intangibles serían mayor comodidad para los operarios al momento de completar los extensos formularios propuestos por el Plan de Mantenimiento Preventivo, así como la alternativa de contar con opciones de solución a los problemas mediante una base de Datos de Modos y efectos de falla que está al alcance de todos y no sólo en la mente de los operarios más antiguos. Esto puede reflejarse en un incremento de la productividad. Así mismo, la gerencia se sentirá más confiada y segura al tomar decisiones ya que cuenta con información fiable y representativa.

9. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema para la administración del mantenimiento para la empresa metalmecánica Industrias Nicrobarranca, consistente en una aplicación de escritorio y una aplicación móvil que permiten facilitar la captura de datos para alimentar la base de datos y cuya estructura de procesamiento de la información almacenada permite visualizar el inventario, las fichas técnicas de los equipos estudiados, índices de clase mundial tales como índice de confiabilidad (MTBF), índice de Mantenibilidad (MTTR), Disponibilidad, Costo de Mantenimiento por facturación y Costo de Mantenimiento por reposición.
- Por medio de la metodología de RCM se complementó el Plan de Mantenimiento actual de la empresa para la línea de mecanizado. Dentro del desarrollo de esta metodología, se realizó la actualización del inventario y codificación de las máquinas de un total de 17 equipos de la línea estudiada, y se jerarquizaron los activos de la empresa por medio de un análisis de criticidad teniendo en cuenta factores de ponderación resultando en 4 equipos críticos. A su vez, se realizó un análisis de Criticidad para determinar los subsistemas críticos, entre los cuales se destacaron los sistemas de potencia eléctrica, cadena cinemática, sistema mecánico y de lubricación. Teniendo en cuenta la matriz de fallas funcionales, se analizó la relación entre las fallas funcionales y en promedio 25 componentes. Dadas las relaciones halladas, se analizaron los componentes comunes a las fallas por medio de e las metodologías RCFA como el FMEA (Análisis de modos y efectos de falla) para determinar modos de falla en los sistemas críticos y por medio del análisis del árbol lógico y esquema de decisiones basados en cuatro criterios se logró establecer las tareas de mantenimiento para complementar las actividades que se ejecutan actualmente en la empresa.

- Se diseñó e implementó una aplicación de escritorio con bases de datos local Access que permite el manejo de la información de mantenimiento de una forma centralizada, estructurada y más ordenada
- Se diseñó y programó una aplicación móvil como complemento de la aplicación de escritorio para facilitar la actualización de los datos de mantenimiento eliminando los formatos de papel, disminuyendo así tiempos y costos indirectos (administración y supervisión) y garantizando que la base de datos sea dinámica, alimentándose constantemente de datos relevantes para la toma de decisiones.
- Se realizó la entrega del software (Tanto aplicación móvil como de escritorio) y su respectivo manual a la empresa industrias Microbarranca y con la información de los equipos de la línea de mecanizado actualizada.
- Se realizó un análisis de proyecciones de costos para evaluar la posible eficacia del sistema de información para la administración del mantenimiento, estimando que el beneficio tangible puede alcanzar hasta el 41% de ahorros en costos de mantenimiento si el sistema se implementa adecuadamente por parte de los trabajadores de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

DESHPANDE V.S. y MODAL J.P. Application of RCM for Safety considerations in a Steel Plant. En: Reliability Engineering and System Safety. 2002. Vol 78 p. 325-33

GARCÍA CASTRO, Alfonso; SIERRA ÄLVAREZ, Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM SA. Bucaramanga, 2004. 182p. Trabajo de Grado. Ingeniero Mecánico. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierias Fisicomecánicas.

GOMEZ, Simón. Procedimientos de Mecanizado. 2006. Editorial Paraninfo

INDUSTRIAS NICROBARRANCA, "Página Oficial de Industrias Nicrobarranca," <http://www.nicrobarranca.com.co/> 2016.

RENOVETEC, Mantenimiento Industrial, Volumen 3: Mantenimiento predictivo, Auditorias de mantenimiento, Editorial Renovetec, Madrid, 2009, 34 pag. Disponible en: <http://www.renovetec.com/auditoriasdemantenimiento.pdf>

ROSSI, Mario. Máquinas y Herramientas Modernas. 2012. 8va Edición. Editorial DOSSAT S.A.

TAVARES, Lourival Augusto. Administración moderna de mantenimiento. 1 ed. Brasil: Novo Polo Publicaciones. 158p.

TERAN QUINTANILLA, Sergio; RUSSI LAITÓN, Edwin. Diseño, implementación y sistematización de un sistema de mantenimiento preventivo basado en análisis de criticidad (CA) y análisis de modos de falla, efecto y su criticidad (FMECA) para la empresa metalmecánica Industrias Teheran., 2016. 255p. Trabajo de Grado. Ingeniero Mecánico. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.

WWW.ELPLANDEMANTENIMIENTO.COM. Renove Tecnología S.L. Consultado el martes, 13 septiembre del 2016, Disponible en Internet:<
<http://www.elplandemantenimiento.com/index.php/que-es-un-plan-de-mantenimiento>>

Anexo A. Auditoria del mantenimiento

A. Organización General
1. ¿Está definida por escrito y aprobada, la organización y responsabilidades del departamento del mantenimiento (Organigrama)?
2. ¿Existe un encargado de mantenimiento?
3. ¿El personal encargado de mantenimiento conoce las responsabilidades, limitaciones y obligaciones de su cargo?
4. ¿Está suficientemente dimensionada la estructura de la dirección de mantenimiento y su equipo técnico para abordar nuevos procesos de mejora?
5. ¿El taller cuenta con personal certificado y calificado para realizar los mantenimientos?
6. ¿Tiene cada sección y o actividad un presupuesto de funcionamiento y hay seguimientos periódicos de su adecuación a la realidad?
7. ¿Existe un área de planificación y coordinación de trabajos para realizar estudios de mejora y formación?
8. ¿Existe descripciones de las funciones (En el terreno de responsabilidad y en el de iniciativa) para cada uno de los puestos de ejecución?
9. ¿El personal de producción tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de mantenimiento de primer nivel y las ejecutan?
10. ¿Todas operaciones preventivas y correctivas se ejecutan con órdenes de trabajo y aplican adecuadamente las actividades y repuestos?
11. ¿Tiene objetivos claros e indicadores de funcionamiento que sirvan de pauta como resultados del servicio prestado?
12. ¿Hay reuniones periódicas y se realizan seguimientos de niveles de calidad de servicios percibidos por nuestros clientes?
B. Métodos Y Sistemas De Trabajo
1. ¿Disponen de sistema de planificación y preparación de trabajo para intervenciones importantes (cronogramas de actividades y actividades a realizar)?
2. ¿Tiene procedimientos para preparar trabajos, establecer presupuesto y justificar nuevas adquisiciones o proponer nuevas actividades?
3. ¿Disponen ustedes de métodos operativos escritos para los trabajos complejos o delicados?

4. ¿Tienen ustedes un procedimiento por escrito (y aplicado) que defina las autorizaciones de trabajo (consignación, desconsignación) para los trabajos que conlleven riesgos?
5. ¿se archivan en los expedientes o historiales de equipos y sistemas los trabajos de preparación y planificación de grandes intervenciones?
6. ¿Hay acciones que lleven a organizar las máquinas y unidades?
7. ¿Tiene ustedes métodos para estimación de tiempos distintos de la estimación global?
8. ¿utilizan ustedes el método de gratt, para la preparación de trabajos largos, importantes o que necesiten mucha coordinación?
9. Tiene métodos formalizados para hacer las reparaciones y protocolos de pruebas
10. ¿Guardan ustedes la unidades en almacén, hacen que preparar kits (piezas o herramientas) antes de sus intervenciones?
11. Esta el conjunto de la documentación debidamente clasificada y fácil mente accesible
12. ¿Tiene sistemas de priorización de actividades con base en su criticidad, repercusión necesaria etc.?
C. Control Técnico De Instalaciones Y Equipos
1. ¿Disponen ustedes de una lista recapitulada (inventario) de ubicación de los equipamientos de su unidad?
2. ¿La empresa cuenta con planos de ubicación y/o disposición de cada máquina?
3. ¿Tienen cada equipamiento un número de identificación cronológico de inmovilización?
4. ¿En su instalación tiene todo el equipamiento un número de identificación claramente señalado?
5. ¿Se registran sistemáticamente las modificaciones, instalaciones nuevas o la supresión de equipamientos?
6. ¿Hay un archivo informático o en papel de cada equipo o instalación, y de sus subgrupos funcionales, con reseñas históricas de todos los trabajos llevados a cabo y su costo?
7. ¿Tiene efectuados análisis de criticidad de equipos y estudio de averías y modos de fallo (MFE, RCM, etc.)?
8. ¿Disponen ustedes de información sobre las horas pasadas las piezas consumidas y los costes, equipamiento por equipamiento?
9. ¿Hay uno (o varios) responsables del cuidado de las reseñas históricas de los trabajos?

10. ¿Está asegurado el seguimiento y control formal de las operaciones reglamentarias y de seguridad llevadas a cabo?
11. ¿Se audita periódicamente la situación de inventario y su documentación?
12. ¿Tiene posibilidad de analizar sistema a sistema el coste real de los ciclos de vida LCC?
13. ¿Posee la empresa algún método de estimación de costos por mantenimiento de las diferentes máquinas y herramientas?
D. Gestión De Carga De Trabajo
1. ¿Tienen ustedes, un programa establecido de mantenimiento preventivo? (Acciones preventivas, periodicidad, carga de trabajo)
2. ¿Disponen ustedes de fichas (o check-lists) escritas de mantenimiento preventivo?
3. ¿Existe algún responsable del conjunto de las acciones de mantenimiento preventivo (en términos de control y de actualización)?
4. ¿Tiene los usuarios (u operadores) de los equipos responsabilidades en materia de ajuste y mantenimiento de rutina?
5. ¿Tienen ustedes un sistema de registro de las demandas o solicitudes de trabajo?
6. ¿Hay alguna persona más específicamente responsable de la planificación de los trabajos?
7. ¿Tienen ustedes reglas definidas que permitan asignar los trabajos según las prioridades?
8. ¿Existe algún documento (o solicitud de trabajo) que permita informar o seguir toda intervención que se utilice sistemáticamente para cada trabajo?
9. ¿Disponen ustedes de una planeación semanal (o periódica) de distribución de los trabajos?
10. Cuando un trabajo no puede ser abordado con la celeridad que les exige producción, ¿tiene un procedimiento para informar de ello y poner medidas correctivas y preventivas?
E. Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos
1. Cuando se realiza un mantenimiento, ¿existe registro de materiales utilizados?
2. ¿Existe un registro de repuestos o piezas de la maquinaria que se reemplazan durante el mantenimiento?
3. ¿Tienen un almacén específico o diferenciado para mantenimiento y un sistema de lanzamiento y seguimiento de pedidos a su medida?
4. ¿Disponen de un sistema de libre servicio para artículos y piezas de consumo habitual?

5. ¿El stock de repuestos está al día, accesible a su personal de forma informatizada y disponible el valor, número de artículos, plazo, etc.?
6. ¿Esta todas las piezas de repuesto Identificadas y codificadas?
7. ¿Hay un procedimiento formalizado de solicitud de ofertas con pliegos adaptados a sus necesidades y adjudicación de pedidos?
8. ¿Los procedimientos de aprovisionamiento son rápidos y flexibles?
9. ¿Tiene proveedores concertados que almacenan en sus dependencias los materiales y repuestos de su suministro?
10. ¿Tiene facilidad y homologados suministradores distintos al propio fabricante del equipamiento o instalación?
11. ¿tienen un sistema rápido y eficaz de reparación de equipos y sistemas de inventario?
12. ¿hay gran conexión entre el servicio de compras y de mantenimiento para las decisiones de compra y negociación con los suministros?
13. ¿los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto o un traslado son ágiles y amigables?
F. Sistemas Informáticos
1. ¿Cuentan con un software especializado para administrar el mantenimiento preventivo de los equipos?
2. ¿La empresa tiene un programa informático para llevar un control de gastos de mantenimiento?
3. ¿se dispone de una herramienta informática con las especificaciones y pasos a seguir para el mantenimiento?
4. ¿Existe un software o inventario de los repuestos que se pueden encontrar en la bodega o una base de datos de empresas que los pueda suministrar?
G. Organización Del Taller De Mantenimiento
1. ¿El espacio que tiene asignado a su Departamento para actividades de banco, oficina, de planificación e ingeniería, almacén, etc., es suficiente?
2. ¿Dispone a pie de obra de las instrucciones operativas y protocolos para ser consultados por sus Mandos y operarios directamente?
3. ¿Se encuentra bien ubicado el almacén de herramientas y respuestas?
4. ¿disponen de suficiente utillaje y medio de manutención y transporte adecuados a sus trabajos preventivos y correctivos?
5. ¿Las órdenes de trabajo se abren y cierran a pie de obra, con terminales ubicados en la planta o con terminales portátiles?
6. ¿Las zonas destinadas a materiales útiles, a averiados y de envió o recepción exterior están correctamente identificadas y delimitadas?

7. ¿Hay un responsable de logística de la custodia de herramientas y útiles de la verificación y calibración periódica de ellas?
H. Herramientas Y Medios De Prueba
1. ¿Dispone de un inventario documentado y actualizado de herramientas y equipos de pruebas?
2. ¿Dispone de Departamento, en propiedad o con accesibilidad inmediata, de las herramientas especiales y equipamientos que precisan?
3. ¿Está correctamente definido el procedimiento de verificación y calibración de herramientas especiales y útiles?
4. ¿Dispone de proceso de puesta a disposición o bono de responsabilización de herramientas para el caso de que estas se utilicen por contratistas?
5. ¿Cada operario dispone de una caja de herramientas personal?
6. ¿Existen verificaciones periódicas de puesta en conformidad de máquinas y herramientas, nuevas, usadas, o modificadas por Ustedes?
7. Cuando necesitan un medio extraordinario de mantenimiento o transporte, ¿Lo disponen con las características y celeridad precisa?
8. ¿La logística, contratación y gestión de nuevas herramientas y medios, es realizada directamente por Uds.?
I. Documentación Técnica
1. ¿Disponen Uds. de documentación técnica general suficiente: ¿mecánica de construcción, electricidad, código de entorno y nocividad, regulaciones?
2. ¿Disponen Uds. de planos de conjunto y los esquemas necesarios?
3. ¿Están disponibles las instrucciones técnicas de utilización y mantenimiento, así como las listas de las piezas sueltas para equipamientos de mayor envergadura?
4. ¿Son fácilmente obtenibles y utilizables (en español) los planos de las instalaciones?
5. ¿Se ponen al día los planos y los esquemas a medida que se aportan las modificaciones?
6. ¿Se registran los trabajos de modificaciones de los equipamientos y se archivan los expedientes de preparación correspondientes (preparación, puesta al día de la documentación)?
7. ¿Son fácilmente obtenibles los contratos de mantenimiento de constructores, contratistas?
8. ¿Son suficientes los medios de fotocopiado e impresión?
J. Personal Y Formación
1. ¿El ambiente de trabajo es en general positivo?

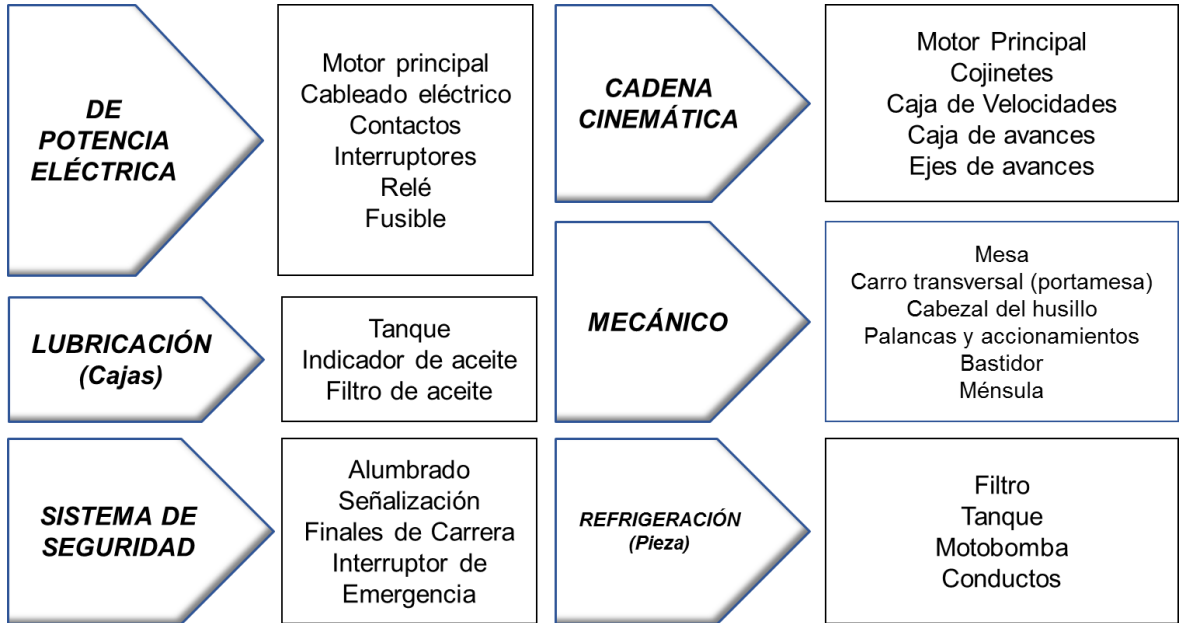
2. ¿Dirigen y supervisan correctamente los manejos intermedios los trabajos efectuados por los operarios bajo su responsabilidad?
3. ¿Se examinan en grupo los problemas a menudo, incluyendo también a los operarios (círculos de calidad, grupos de progreso)?
4. ¿Se llevan a cabo encuentro periódicos de apreciación entre personal directivo y el operario?
5. ¿Los mandos intermedios y los operarios están lo suficientemente disponibles?
6. ¿Consideran Uds. en general que la formación técnica de su personal es satisfactoria?
7. En el trabajo diario, ¿estiman Uds. que el personal tiene la iniciativa necesaria?
8. ¿Sus mandos intermedios aseguran de forma regular el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?
9. ¿Reciben sus mandos intermedios formación en nuevas tecnologías gracias a estancias, visitas a constructores, a exposiciones, etc.?
10. ¿Recibe su personal en seguridad y prevención de accidentes de forma regular?
11. ¿Programa y domina la formación del personal el servicio de mantenimiento?
12. ¿Se sigue rigurosamente las cualificaciones y la habilitación del personal?
13. ¿Tienen Uds. pérdidas importantes de tiempo productivo debido a retrasos, ausencias?
14. ¿Son buenas las relaciones de su personal con los agentes de Producción?
K. Contratación
1. ¿Tiene Uds. Un proceso de evaluación formas de los contratistas?
2. ¿Se elaboran cuidadosamente los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?
3. ¿Las selecciones de los contratistas se llevan a cabo según criterios de técnica y competencia?
4. Cuando el mantenimiento no se realiza por personal de la empresa, ¿se tiene base de datos de personas o empresas que realicen el trabajo?
5. ¿Contratan Uds. las tareas para las que se consideran no disponen de suficientes técnicos?
6. ¿Incluyen en sus contratos con las empresas contratistas de cláusulas de resultados?
7. ¿Desarrollan Uds. una garantía de calidad y la colaboración con los contratistas?

8. ¿Crean Uds. y ponen al día un expediente por asunto, según un procedimiento de constitución predeterminado?
9. El control de los trabajos de los contratistas y la recepción de estos ¿las lleva a cabo una persona de su servicio, especialmente designada y según procedimientos rigurosos?
10. ¿Disponen Uds. de documentación específica para que empresas externas lleven a cabo el mantenimiento de sus equipamientos?
L. Documentación
1. ¿poseen inventario de equipos?
2. ¿los inventarios de los equipos se encuentra actualizados?
3. ¿Poseen hoja de vida de los equipos?
4. ¿la hoja de vida de los equipos se encuentra actualizadas?
5. ¿La hoja de vida maquinas cuenta con la información necesaria para realizar los mantenimientos y su respectivo historial (herramientas, piezas)?
6. ¿tienen órdenes de trabajo para un mantenimiento preventivo?
7. ¿Tienen órdenes de trabajo para un mantenimiento correctivo?
8. ¿las órdenes de trabajo contienen la información necesaria?
9. ¿La empresa posee los programas de mantenimientos para todas sus máquinas herramientas?
10. ¿la empresa posee instructivo de cada máquina herramienta?
11. ¿la empresa realiza permisos de trabajo?
12. ¿La empresa posee Manual de procedimientos?
13. ¿tienen cronograma de trabajos de mantenimiento?
14. ¿el documento anteriormente nombrado se encuentra sistematizado en un software?
M. Capacitación
1. ¿Se realiza capacitación los operadores sobre los planes de mantenimiento de la empresa?
2. ¿se le evalúa lo visto en la capacitación?
N. Control De La Actividad
1. ¿Se dan informes regulares del control de las horas, los costos de mano de obra y repuestos?
2. ¿Se controla la eficacia, grado de saturación y tiempos muertos del potencial de mantenimiento?
3. ¿Dominan ustedes su carga de trabajo?
4. ¿Posee la empresa algún método de estimación de costos por mantenimiento de las diferentes máquinas y herramientas?

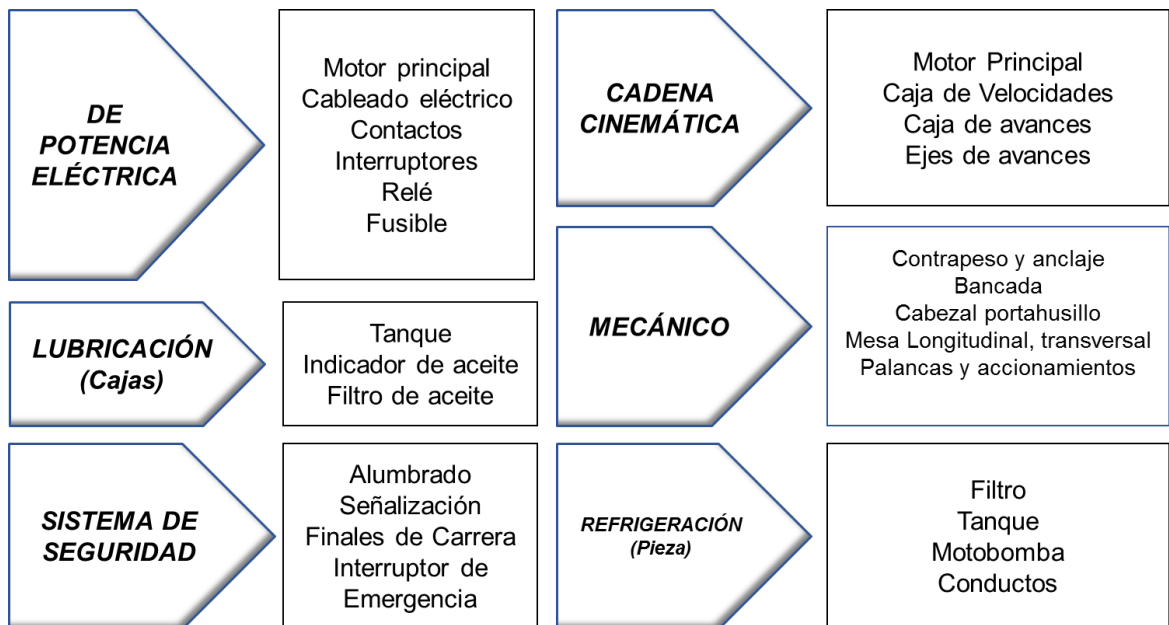
5. ¿Emiten ustedes de forma regular un informe de las actividades a desarrollar (todos los meses y anualmente)?

Anexo B. Componentes principales de sistemas analizados

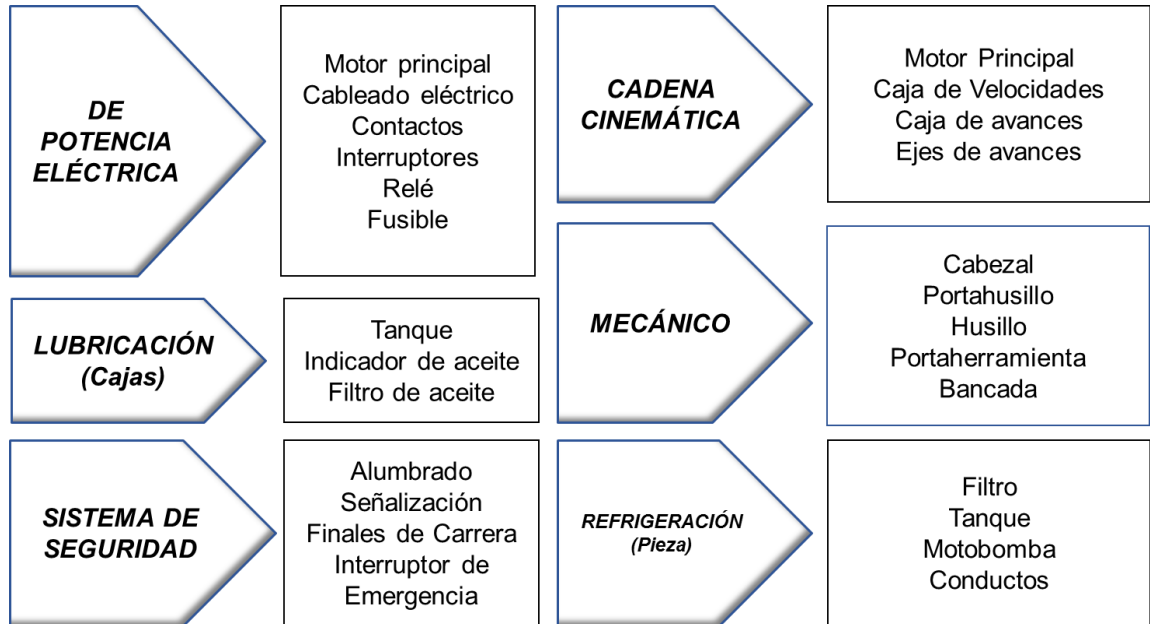
Anexo A-1. Componentes del sistema de la Fresadora



Anexo A-2. Componentes del sistema de la Alesadora









Anexo A-3. Componentes del sistema del taladro fresador









Anexo C. Criticidad Para Subsistemas







Anexo B-1. Criticidad de subsistemas para ME-FU-01

ME-FU-01							
SUBSISTEMA	FF	TPR	IP	CR	SAH	Criticidad	Nivel de criticidad
<i>Mecánico</i>	2	3	10	5	1	 72	C
<i>De potencia Eléctrica</i>	1	2	10	3	3	 26	C
<i>Lubricación</i>	2	1	7	3	2	 24	C
Cadena Cinemática	1	1	10	3	1	 14	MC
Refrigeración	1	1	4	7	1	 12	NC
Sistema de Seguridad	1	1	1	5	3	 9	NC

Anexo B-2. Criticidad de subsistemas para ME-AL-01

ME-AL-01							
SUBSISTEMA	FF	TPR	IP	CR	SAH	Criticidad	Nivel de criticidad
<i>Cadena Cinemática</i>	2	3	10	3	1	 68	C
<i>Mecánico</i>	2	2	10	5	1	 52	C
<i>De potencia Eléctrica</i>	2	1	10	3	4	 34	MC
Refrigeración	1	1	4	7	1	 12	NC
Sistema de Seguridad	1	1	1	5	3	 9	NC
Lubricación	1	1	4	3	1	 8	NC

Anexo C-2. Criticidad de subsistemas para ME-TL-01

ME-TL-01							
SUBSISTEMA	FF	TPR	IP	CR	SAH	Criticidad	Nivel de criticidad
<i>Mecánico</i>	2	2	10	10	1	 62	C
<i>De potencia Eléctrica</i>	2	1	10	3	2	 30	C
<i>Lubricación</i>	2	1	7	3	1	 22	C
Cadena Cinemática	1	1	10	3	1	 14	C
Refrigeración	1	1	4	7	1	 12	MC
Sistema de Seguridad	1	1	1	5	3	 9	NC

Anexo D. Matriz funcional para cada equipo

Anexo D-1. Matriz Funcional para ME-FU-01.

FALLA FUNCIONAL		El sistema no cuenta con energía eléctrica								
		El sistema cuenta con energía eléctrica pero no funciona adecuadamente.								
# Sistema		El motor eléctrico no enciende								
		El motor eléctrico gira pero no se transmite el movimiento								
Componente		El motor eléctrico gira, hay transmisión de movimiento pero el movimiento es inexacto o el esfuerzo insuficiente								
		La velocidad de giro del eje no es la apropiada								
		Los avances del torno son inexactos								
		No se transmite el movimiento al husillo								
		El aceite lubricante se encuentra en niveles inadecuados								
1	Motor principal	1	1				1	1	4	
1	Cableado Eléctrico	1	1	1					3	
1	Contactos		1						1	
1	Interruptores	1							1	
1	Relé	1							1	
1	Fusible	1							1	
2	Caja de velocidades			1	1		1	1	1	5
2	Caja de avances			1	1		1		1	4
2	Eje de avances			1	1		1		1	4
3	Mesa									0
3	Carro Transversal (portamesa)			1	1	1				3
3	Cabezal del husillo			1	1	1				3
3	Palancas y accionamientos						1			1
3	Bastidor									0
3	Ménsula			1	1	1				
4	Tanque									0
4	Indicador de Aceite						1			1
4	Filtro de aceite									0
5	Filtro de Lubricante									0
5	Tanque de Lubricante							1		1
5	Motobomba							1		1
5	Conductos							1		1
6	Alumbrado									0
6	Señalización									0
6	Finales de Carrera									0
6	Interruptor Emergencia									0

Anexo D-3. Matriz Funcional para ME-TL-01.

FALLA FUNCIONAL		El sistema no cuenta con energía eléctrica									
		El sistema cuenta con energía eléctrica pero no funciona adecuadamente.									
# Sistema		El motor eléctrico no enciende									
		El motor eléctrico gira pero no se transmite el movimiento									
Componente		El motor eléctrico gira, hay transmisión de movimiento pero el movimiento es inexacto o el esfuerzo insuficiente									
		La velocidad de giro del eje no es la apropiada									
		Los avances del torno son inexactos									
		No se transmite el movimiento al mandril									
		El aceite lubricante se encuentra en niveles inadecuados									
1	Motor principal	1	1					1	1		4
1	Cableado Eléctrico	1	1	1							3
1	Contactos	1									1
1	Interruptores	1									1
1	Relé	1									1
1	Fusible	1									1
2	Caja de velocidades			1	1		1	1	1		5
2	Caja de avances			1	1		1		1		4
2	Eje de avances			1	1		1		1		4
3	Mesa										0
3	Carro	1		1	1	1					4
3	Portaherramienta	1		1	1	1					4
3	Palancas y accionamientos						1				1
3	Bastidor										0
3	Abrazadera de mesa	1					1				2
3	Mandril										0
3	Boquilla del husillo							1			1
4	Tanque										0
4	Indicador de Aceite							1			1
4	Filtro de aceite										0
5	Filtro de Lubricante										0
5	Tanque de Lubricante								1		1
5	Motobomba								1		1
5	Conductos								1		1
6	Alumbrado										0
6	Señalización										0
6	Finales de Carrera										0
6	Interruptor Emergencia										0

Anexo E. Análisis y modos y de falla AMEF para equipos críticos restantes

Anexo E-1. AMEF para ME-FU-01.

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	EFECTO	
				LOCAL	SISTEMA
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	No enciende	No se puede mecanizar
			El interruptor está dañado		
			El motor está defectuoso		
		El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño	
			Cableados defectuosos	Posible cortocircuito	
			Problemas con capacitor	Impide que el motor gire	
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño	
Obstrucción en el sistema de enfriamiento					

			No tiene las tres fases	El motor puede quemarse	
		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	Vibraciones en el motor	
	Rotor desbalanceado				
	Problemas con capacitor		Impide movimiento normal del motor		
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	Sobrecarga motor	Mecanizado no adecuado
			Sobrecarga de corriente		
		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase		
		El cableado se calienta	Interruptores se calientan	Paradas inoportunas	
Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montaje y sostiene el husillo de trabajo	Obstrucción en el recorrido vertical, vibraciones y desajustes	Viruta o elementos extraños en el tornillo sin fin	Imposibilidad de mecanizar en sentido vertical	No se puede mecanizar
Cabezal portahusillo	Proteger la máquina contra sobrecarga en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	Sobrecarga en el sistema avance	Mecanizado no adecuado
Husillo	Sistema protaherramientas		Rodamientos en mal estado	Imposibilidad de mecanizar elementos	

	que sujeta las barreras de alear	Vibración y desalineamiento, parte giro irregular	Mal funcionamiento del motor eléctrico asincrónico	que requieren alta precisión , aumento de tiempo en el mecanizado	Mecanizado no adecuado
Sistema portaherramienta	Mecanismos que produce avance radial de las herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación	Obstrucción de desplazamiento radial	Baja y descuidada lubricación	Imposibilidad de mecanizar en sentido radial	Mecanizado no adecuado
		Desajuste mecánico	Deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas		
Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	Ruido y sobrecalentamiento	Mecanizado no adecuado
			Mala operación	Aumenta desgaste máquina	Mecanizado mala calidad
Caja de Avances	Permite la variación de las velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes	Deterioro y desgaste de los componentes	Mecanizado no adecuado
			Desgaste en acoplamiento		
		Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Daño de engranajes		
			Problemas de lubricación		

Anexo E-2. AMEF para ME-AL-01.

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	EFECTO		
				LOCAL	SISTEMA	
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	No enciende	No se puede mecanizar	
			El interruptor está dañado			
			El motor está defectuoso			
		El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño		
			Cableados defectuosos	Posible cortocircuito		
			Problemas con capacitor	Impide que el motor gire		
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño		Mecanizado no adecuado
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento			
			No tiene las tres fases	El motor puede quemarse		

		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	Vibraciones en el motor	
			Rotor desbalanceado		
			Problemas con capacitor	Impide movimiento normal del motor	
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	Sobrecarga motor	Mecanizado no adecuado
			Sobrecarga de corriente		
		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase		
		El cableado se calienta	Interruptores se calientan	Paradas inoportunas	
Fusibles y accesorios eléctricos	Protección de sobrecarga por sobrecarga eléctrica	Rompimiento de cables en los fusibles	Componentes eléctricos deteriorados	Riesgo de daño eléctrico mayor	
Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	Ruido y sobrecalentamiento	Mecanizado no adecuado
			Mala operación	Aumenta desgaste máquina	Mecanizado mala calidad
Caja de Avances			Daño de engranajes	Deterioro y desgaste de los componentes	

	Permite la variación de las velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Desgaste en acoplamiento		Mecanizado no adecuado
		Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Daño de engranajes Problemas de lubricación		
Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montaje y sostiene el husillo de trabajo	Obstrucción en el recorrido vertical, vibraciones y desajustes	Viruta o elementos extraños en el tornillo sin fin	Imposibilidad de mecanizar en sentido vertical	No se puede mecanizar
Cabezal portahusillo	proteger la máquina contra sobrecarga en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	Sobrecarga en el sistema avance	Mecanizado no adecuado
Husillo	Sistema protaherramientas que sujeta las barreras de alesar	Vibración y desalineamiento, parte giro irregular	Rodamientos en mal estado Mal funcionamiento del motor eléctrico asincrónico	Imposibilidad de mecanizar elementos que requieren alta precisión , aumento de tiempo en el mecanizado	Mecanizado no adecuado
Sistema portaherramienta	Mecanismos que produce avance radial de las	Obstrucción de desplazamiento radial	Baja y descuidada lubricación	Imposibilidad de mecanizar en sentido radial	Mecanizado no adecuado

	herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación	Desajuste mecánico	Deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas		
Montante	Soporte limita el desplazamiento del cabezal portahusillo	Finales de carreras defectuosos	Uso paulatino	No limita el desplazamiento del cabezal portahusillo	Mecanizado no adecuado
		Leve inclinación del cabezal portahusillo	Desajuste en las regletas del montante		
Carro del montante	Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente	Desajuste del sistema de anclaje a la bancada	Uso sucesivo	Mecanizado incorrecto	Mecanizado no adecuado
		Hay holgura al desplazarse el cabezal portahusillo			
Bancada	Servir de soporte al montante y al carro del montante permitiendo el desplazamiento transversal de la máquina	Obstrucción en el desplazamiento transversal	Insuficiencia en lubricación	No permite mecanizar en esa dirección	Mecanizado no adecuado
			Inclusión de virtuos o cuerpos extraños en las vías		
			Daños en el sistema de transmisión del movimiento		
			Componentes eléctricos o de		

			control averiados		
--	--	--	----------------------	--	--

Anexo E-3. AMEF para ME-TL-01.

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	EFECTO		
				LOCAL	SISTEMA	
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	No enciende	No se puede mecanizar	
			El interruptor está dañado			
			El motor está defectuoso			
		El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño		
			Cableados defectuosos	Posible cortocircuito		
			Problemas con capacitor	Impide que el motor gire		
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	Afectación del motor al no poder trabajar en condiciones normales de diseño		Mecanizado no adecuado
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento			
			No tiene las tres fases	El motor puede quemarse		

			Daño de rodamiento	Vibraciones en el motor	
		El motor no gira suavemente	Rotor desbalanceado		
			Problemas con capacitor	Impide movimiento normal del motor	
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	Sobrecarga motor	Mecanizado no adecuado
			Sobrecarga de corriente		
		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase		
		El cableado se calienta	Interruptores se calientan	Paradas inoportunas	
Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montaje y sostiene el husillo de trabajo	Obstrucción en el recorrido vertical, vibraciones y desajustes	Viruta o elementos extraños en el tornillo sin fin	Imposibilidad de mecanizar en sentido vertical	No se puede mecanizar
Cabezal portahusillo	proteger la máquina contra sobrecarga en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	Sobrecarga en el sistema avance	Mecanizado no adecuado
Sistema portaherramienta	Mecanismos que produce avance radial de las	Obstrucción de desplazamiento radial	Baja y descuidada lubricación	Imposibilidad de mecanizar en sentido radial	Mecanizado no adecuado

	herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación	Desjuste mecánico	Deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas		
CARRO	Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente	Desajuste del sistema de anclaje a la bancada	Uso sucesivo	Mecanizado incorrecto	Mecanizado no adecuado
		Hay holgura al desplazarse el cabezal portahusillo - mandril			
Bancada	Servir de soporte al montante y al carro del montante permitiendo el desplazamiento transversal de la máquina	Obstrucción en el desplazamiento transversal	Insuficiencia en lubricación	No permite mecanizar en esa dirección	Mecanizado no adecuado
			Inclusión de virutas o cuerpos extraños en las vías		
			Daños en el sistema de transmisión del movimiento		
			Componentes eléctricos o de control averiados		

Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	Ruido y sobrecalentamiento	Mecanizado no adecuado
			Mala operación	Aumenta desgaste máquina	Mecanizado mala calidad
Caja de Avances	Permite la variación de las velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes	Deterioro y desgaste de los componentes	Mecanizado no adecuado
			Desgaste en acoplamiento		
		Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Daño de engranajes		
			Problemas de lubricación		

Anexo F. Análisis Árbol lógico y selección de tareas

Anexo F-1. Resultados árbol lógico y tareas para ME-FU-01

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	Resultados del LTA	Tipo de acción	Acción a implementar	Complemento al Plan de Mantenimiento
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	B	Tipo 1	Encender interruptor siempre al inicio de la jornada	Añadir tarea a inspección diaria del equipo.
			El interruptor está dañado			Revisión periódica	Añadir a inspección semanal.
			El motor está defectuoso	C		Cambio de partes averiadas - cambio del motor	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.

		El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	B	Tipo 1	Cambio de partes averiadas	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.
			Cableados defectuosos			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
			Problemas con capacitor			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	D/C	Tipo 3	Revisión periódica de circuitos eléctricos.	Añadir a inspección mensual para detectar fallas ocultas
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento			Revisión periódica de mangueras y filtros del sistema de enfriamiento.	

			No tiene las tres fases			Revisión periódica de circuitos eléctricos.	
		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	D/B	Tipo 1	Revisión de componentes mecánicos y eléctricos. Cambio de rodamiento y capacitores.	Añadir a inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Rotor desbalanceado				
			Problemas con capacitor				
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	D/B	Tipo 3	Revisión periódica de integridad de cables eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Sobrecarga de corriente				
		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase	B	Tipo 1	Revisión periódica de circuitos eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
		El cableado se calienta	Interruptores se calientan				
Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montaje y	Obstrucción en el recorrido vertical,	Viruta o elementos extraños en	B	Tipo 1	Limpieza de cabezal de elementos externos.	Añadir limpieza diaria y realizar seguimiento

	sostiene el husillo de trabajo	vibraciones y desajustes	el tornillo sin fin				
Cabezal portahusillo	proteger la máquina contra sobrecarga en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	B	Tipo 1	Revisión periódica	Añadir revisión de sistema de embrague trimestral
Husillo	Sistema portaherramientas que sujeta las barreras de alesar	Vibración y desalineamiento, parte giro irregular	Rodamientos en mal estado	B/D	Tipo 3	Revisión de componentes mecánicos. Cambio de rodamiento.	Añadir y supervisar revisión trimestral
			Mal funcionamiento del motor eléctrico asincrónico	B/D	Tipo 3	Revisión del funcionamiento del motor	Añadir y supervisar revisión trimestral
Sistema portaherramienta	Mecanismos que produce avance radial de las herramientas a lo largo del brazo colocado en el eje de rotación	Obstrucción de desplazamiento radial	Baja y descuidada lubricación	B	Tipo 1	Lubricación apropiada diariamente.	Supervisar lubricación diaria
		Desjuste mecánico	Deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas	B	Tipo 1	Revisión y ajustes	Añadir y supervisar revisión trimestral

Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	B	Tipo 1	Aumentar frecuencias inspección integridad mecánica. Cambio de engranajes.	Supervisión de lubricación en cajas. Mensual
			Mala operación			Inspección frecuente y en caso de ser necesario cambio de acoplamiento	Añadir inspección en acoplamiento - Trimestral
Caja de Avances	Permite la variación de las velocidades de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes	B	Tipo 1	Cambio de engranajes.	Inspección de integridad mecánica en cajas- Trimestral.
			Desgaste en acoplamiento			Lubricación apropiada diariamente.	Añadir/Supervisar lubricación en inspección diaria
		Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Daño de engranajes	Revisión frecuente de alineamiento de componente.	Añadir revisión de alineamiento en inspección diaria.		

			Problemas de lubricación	B	Tipo 1	Limpieza de guías de elementos externos.	
--	--	--	--------------------------	---	--------	--	--

Anexo F-2. Resultados árbol lógico y tareas para ME-AL-01

EQUIPO	FUNCIÓN	<i>MODO DE FALLA</i>	<i>CAUSA DE FALLA</i>	Resultados del LTA	Tipo de acción	Acción a implementar	Complemento al Plan de Mantenimiento
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	B	Tipo 1	Encender interruptor siempre al inicio de la jornada	Añadir tarea a inspección diaria del equipo.
			El interruptor está dañado			Revisión periódica	Añadir a inspección semanal.
			El motor está defectuoso	C		Cambio de partes averiadas - cambio del motor	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.

	El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	B	Tipo 1	Cambio de partes averiadas	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.
		Cableados defectuosos			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
		Problemas con capacitor			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
	El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	D/C	Tipo 3	Revisión periódica de circuitos eléctricos.	Añadir a inspección mensual para detectar fallas ocultas
		Obstrucción en el sistema de enfriamiento			Revisión periódica de mangueras y filtros del sistema de enfriamiento.	
		No tiene las tres fases			Revisión periódica	

						de circuitos eléctricos.	
		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	D/B	Tipo 1	Revisión de componentes mecánicos y eléctricos. Cambio de rodamiento y capacitores .	Añadir a inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Rotor desbalanceado				
			Problemas con capacitor				
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	D/B	Tipo 3	Revisión periódica de integridad de cables eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Sobrecarga de corriente				
		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase	B	Tipo 1	Revisión periodica de circuitos eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
		El cableado se calienta	Interruptores se calientan	B	Tipo 1	Revisión de nivel de aceite más frecuente.	Supervisar la revisión del nivel de aceite diariamente.

Fusibles y accesorios eléctricos	Protección de sobrecarga por sobrecarga eléctrica	Rompimiento de cables en los fusibles	Componentes eléctricos deteriorados	C/D	Tipo 3	Capacitación al personal	Charlas y capacitaciones al personal cada 6 meses.	
Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite Mala operación	B	Tipo 1	Cambio frecuente de rodamientos según tiempo de uso.	Revisión de rodamientos - Trimestral	
Caja de Avances	Permite la variación de las velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes Desgaste en acoplamiento					B
			Daño de engranajes			Cambio de poleas por desgaste según tiempo de uso y esfuerzo de la máquina.	Añadir acciones correctivas anuales	
			Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Problemas de lubricación	B	Tipo 4	Cambio de mordaza	Añadir revisión de integridad de mordaza - Semestral para programar cambio

Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montaje y sostiene el husillo de trabajo	Obstrucción en el recorrido vertical, vibraciones y desajustes	Viruta o elementos extraños en el tornillo sin fin	B	Tipo 1	Limpieza de viruta - Diaria	Añadir limpieza de viruta a Inspección diaria
Cabezal portahusillo	proteger la máquina contra sobrecarga en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	B	Tipo 1	Cambio de husillo	Añadir revisión de integridad de mordaza - Semestral para programar cambio
Husillo	Sistema protaherramientas que sujeta las barreras de alesar	Vibración y desalineamiento, parte giro irregular	Rodamientos en mal estado				
Husillo	Sistema protaherramientas que sujeta las barreras de alesar	Vibración y desalineamiento, parte giro irregular	Mal funcionamiento del motor eléctrico asincrónico	B	Tipo 1	Aumentar frecuencias inspección eléctrica.	Inspección de integridad mecánica y eléctrica- Trimestal.
Sistema portaherramienta	Mecanismos que produce avance radial de las herramientas a lo largo del brazo colocado	Obstrucción de desplazamiento radial	Baja y descuidada lubricación			Inspección frecuente y en caso de ser necesario cambio de acoplamiento	Añadir inspección en acoplamiento - Trimestral

	en el eje de rotación	Desajuste mecánico	Deterioro en los rodamientos de las ruedas cónicas			Cambio de engranajes.	Inspección de integridad mecánica en cajas- Trimestal.
Montante	Soporte limita el desplazamiento del cabezal portahusillo	Finales de carreras defectuosos	Uso paulatino			Lubricación apropiada diariamente .	Añadir/Supervisar lubricación en inspección diaria
		Leve inclinación del cabezal portahusillo	Desajuste en las regletas del montante	B	Tipo 1	Revisión frecuente de alineamiento o de componente.	Añadir revisión de alineamiento en inspección diaria.
Carro del montante	Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente	Desajuste del sistema de anclaje a la bancada	Uso sucesivo	B	Tipo 1	Limpieza de guías de elementos externos.	Añadir limpieza de guías en inspección diaria.
		Hay holgura al desplazarse el cabezal portahusillo		B	Tipo 1	Revisión periódica.	Añadir revisión trimestal.
Bancada	Servir de soporte al montante y al carro del	Obstrucción en el desplazamiento transversal	Insuficiencia en lubricación	B	Tipo 1	Lubricación apropiada diariamente .	Supervisar la lubricación adecuada diariamente.

	montante permitiendo el desplazamiento transversal de la máquina	Inclusión de virtuas o cuerpos extraños en las vías	B	Tipo 1	Limpieza diaria	Añadir limpieza de guías en inspección diaria.
		Daños en el sistema de transmisión del movimiento	B	Tipo 1	Revisión periódica	Añadir revisión trimestal.
		Componente s eléctricos o de control averiados	B	Tipo 1	Revisión periódica	Inspección eléctrica

Anexo F-2. Resultados árbol lógico y tareas para ME-TL-01

EQUIPO	FUNCIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	Resultados del LTA	Tipo de acción	Acción a implementar	Complemento al Plan de Mantenimiento
Motor	Transmitir potencia al torno	El motor no gira	El interruptor de encendido está apagado	B	Tipo 1	Encender interruptor siempre al inicio de la jornada	Añadir tarea a inspección diaria del equipo.
			El interruptor está dañado			Revisión periódica	Añadir a inspección semanal.
			El motor está defectuoso	C		Cambio de partes averiadas - cambio del motor	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.

		El motor zumba pero no gira	El motor está defectuoso	B	Tipo 1	Cambio de partes averiadas	Añadir inspección para detectar cambios de motor. (Trimestral). Cambio del motor de ser necesario.
			Cableados defectuosos			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
			Problemas con capacitor			Revisión periódica	Añadir a inspección mensual.
		El motor se sobrecalienta	Motor sobrecargado	D/C	Tipo 3	Revisión periódica de circuitos eléctricos.	Añadir a inspección mensual para detectar fallas ocultas
			Obstrucción en el sistema de enfriamiento			Revisión periódica de mangueras y filtros del sistema de enfriamiento	

			No tiene las tres fases			Revisión periodica de circuitos eléctricos.	
		El motor no gira suavemente	Daño de rodamiento	D/B	Tipo 1	Revisión de componentes mecánicos y eléctricos. Cambio de rodamiento y capacitores.	Añadir a inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Rotor desbalanceado				
			Problemas con capacitor				
Cableado Eléctrico	Conducir la corriente eléctrica	Cortocircuito	Cables sin aislamiento contacto	D/B	Tipo 3	Revisión periódica de integridad de cables eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
			Sobrecarga de corriente				
		Motor zumba pero no gira	Perdida de una fase	B	Tipo 1	Revisión periodica de circuitos eléctricos.	Añadir inspección trimestral para detectar fallas ocultas
		El cableado se calienta	Interruptores se calientan	B	Tipo 1	Revisión periodica de circuitos eléctricos.	Añadir revisión de alineamiento en inspección semanal.

Cabezal portahusillo	proteger la máquina contra sobrecarga en el mecanismo de avance	No desembragar al finalizar la carrera	Desajuste en el sistema de embrague	B	Tipo 1	Revisión frecuente de embrague.	Añadir revisión de embrague en inspección trimestral.
Carro	Desplaza automática y manualmente el montante transversalmente	Desajuste del sistema de anclaje a la bancada	Uso sucesivo	B	Tipo 1	Revisión frecuente de alineamiento de componente .	Añadir revisión de alineamiento en inspección diaria.
		Hay holgura al desplazarse el cabezal portahusillo - mandril		B	Tipo 1	Limpieza de guías de elementos externos.	Añadir limpieza de guías en inspección diaria.
Bastidor	Servir de soporte al montante y al carro del montante permitiendo el desplazamiento transversal de la máquina	Obstrucción en el desplazamiento transversal	Insuficiencia en lubricación	B	Tipo 1	Lubricación apropiada diariamente.	Supervisar la lubricación adecuada diariamente.
			Inclusión de virtuos o cuerpos extraños en las vías	B	Tipo 1	Limpieza diaria	Añadir limpieza de guías en inspección diaria.
			Daños en el sistema de transmisión	B	Tipo 1	Revisión periódica	Añadir revisión trimestral.

			del movimiento				
			Componentes eléctricos o de control averiados	B	Tipo 1	Revisión periódica	Inspección eléctrica
Caja de velocidades	Cambio de velocidad del husillo	Cambio de velocidad no adecuado	Bajo nivel de aceite	B	Tipo 1	Revisión de nivel de aceite más frecuente.	Supervisar la revisión del nivel de aceite diariamente.
			Mala operación	C/D	Tipo 3	Capacitación al personal	Charlas y capacitaciones al personal cada 6 meses.

Caja de Avances	Permite la variación de las velocidad de avances	Velocidades de avance no cambian adecuadamente	Daño de engranajes	B	Tipo 1	Aumentar frecuencias inspección integridad mecánica. Cambio de engranajes.	Inspección de integridad mecánica en cajas- Trimestral.
			Desgaste en acoplamiento			Inspección frecuente y en caso de ser necesario cambio de acoplamiento	Añadir inspección en acoplamiento - Trimestral
		Ruido y Sobrecalentamiento del sistema	Daño de engranajes			Cambio de engranajes.	Inspección de integridad mecánica en cajas- Trimestral.

			Problemas de lubricación			Lubricación apropiada diariamente.	Añadir/Supervisar lubricación en inspección diaria
--	--	--	--------------------------	--	--	------------------------------------	--

Anexo G. Acciones de mantenimiento

Anexo G-1. Tareas de Mantenimiento ajustadas con RCM para Fresadora ME-FU-01

Frecuencia	Actividades
Diarias	<ul style="list-style-type: none">- Posición y fijación de los topes de recorrido- Estado de la conexión eléctrica de la máquina- Limpieza general al finalizar la jornada- Verificar el nivel de aceite en los depósitos- Lubricar las guías de las mesas y consola
Semanal	<ul style="list-style-type: none">- Lubricar tornillos de la mesa longitudinal y transversal- Limpieza general de las partes del equipo
Mensual	<ul style="list-style-type: none">- Inspección: mecánica y eléctrica, en especial, revisión de integridad de cables eléctricos.- Medición Eléctrica: Medir corriente de consumo de motor principal- Aplicar grasa a los rodamientos de los motores eléctricos- Aplicar grasa a la cadena y piñón del motor de avance rápido
Trimestral	<ul style="list-style-type: none">- Inspección mecánica- Inspección eléctrica- Medir corriente de consumo del motor principal
Anual	<ul style="list-style-type: none">- Cambio de aceite del cabezal del husillo- Cambio de aceite caja de avances de las mesas- Lubricación del cojinete del motor eléctrico principal- Limpieza de los filtros del sistema de lubricación- Inspección de anclaje y pintura- Revisión general de la parte mecánica- Revisión general de motores eléctricos

Anexo G-2. Tareas de Mantenimiento ajustadas con RCM para Alesadora ME-AL-01

Frecuencia	Actividad
Diarias	<ul style="list-style-type: none"> - Puertas del tablero eléctrico - Conexión eléctrica - Movimiento de los carros - Presión de aceite del cabezal de husillo - Presión de aceite de los carros y mesa porta-pieza - Limpiar las partes vitales de la máquina - Verificar estado de las bombas de aceite - Verificar nivel de aceite de los depósitos - Lubricar el husillo con una película fina de aceite
Semanal	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricar copa portaherramienta mediante gracera - Lubricar guías de las cubiertas de las mesas - Limpieza del filtro magnético del sistema de lubricación de las guías del cabezal y tuerca de desplazamiento vertical - Limpiar cuidadosamente cada una de las partes que constituyen la mandriladora
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección: mecánica y eléctrica, en especial, revisión de integridad de cables eléctricos. - Medición Eléctrica: Medir corriente de consumo de motor principal - Aplicar grasa a los rodamientos de los motores eléctricos - Aplicar grasa a la cadena y piñón del motor de avance rápido
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección mecánica - Inspección eléctrica - Medir corriente de consumo del motor principal - Ajustar las tuercas de desplazamiento del cabezal, el brazo del husillo y la mesa transversal
Anual	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de aceite de la caja del portahusillo, carros y mesa portapieza.

	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de los filtros del sistema de lubricación. - Limpieza Micro filtro del sistema hidráulico de fijación del cabezal. - Micro filtro del sistema hidráulico de fijación de los carros y mesa portapieza. - Sistema hidráulico del sistema de fijación de los carros y mesa portapieza - Inspección de anclaje y pintura. - Revisión general de la parte mecánica. - Revisión general de motores eléctricos. - Regulación y ajuste del juego de acuerdo al desgaste: - Juego del cabezal del husillo en la guía del soporte. - Juego del carro longitudinal en las guías de la bancada. - Juego del carro transversal en las guías del carro longitudinal. - Juego axial del perno central de la mesa. - Juego axial del husillo principal. - Juego axial del husillo de trabajo. - Sistema hidráulico del sistema de fijación del cabezal de husillo - Sistema hidráulico del sistema de fijación de los carros y mesa portapieza
--	--

Anexo G-3. Tareas de Mantenimiento ajustadas con RCM para Taladro ME-TL-01

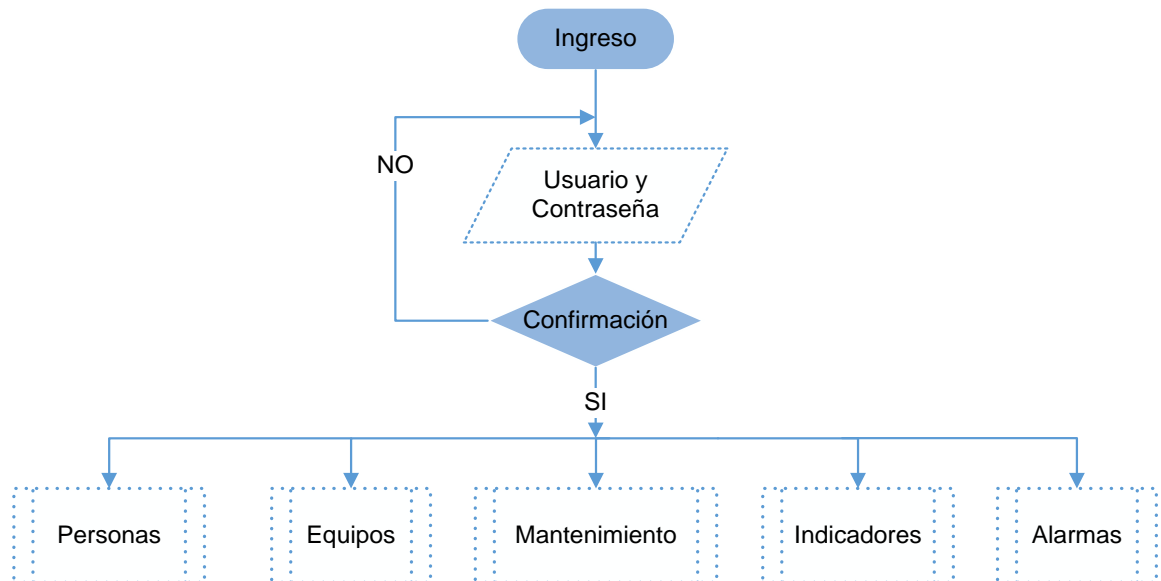
Frecuencia	Actividad
Diarias	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de la conexión eléctrica de la máquina - Portezuela del tablero eléctrico - Ajuste de los tornillos de fijación de la pieza - Posicionamiento de la herramienta de corte - Limpiar las partes vitales de la máquina - Verificar el nivel de aceite en los depósitos - Verificar el funcionamiento de las bombas de aceite. - Lubricar las superficies guías del brazo sobre la camisa

Semanal	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricación - Lubricar tornillos del tornillo de elevación del brazo. - Lubricar superficies guías horizontales del brazo. - Limpiar cuidadosamente cada una de las partes que constituyen el taladro
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección: mecánica y eléctrica, en especial, revisión de integridad de cables eléctricos. - Medición Eléctrica: Medir corriente de consumo de motor principal - Aplicar grasa a los rodamientos de los motores eléctricos - Aplicar grasa a la cadena y piñón del motor de avance rápido
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección mecánica - Inspección eléctrica - Medir corriente de consumo del motor principal
Anual	<ul style="list-style-type: none"> - Lubricación - Cambio de aceite de la caja del portahusillo y la caja sin fin para elevación del brazo. - Lubricación de los cojinetes de los motores eléctricos. - Limpieza de los filtros del sistema de Lubricación. - Inspección de anclaje y pintura - Revisión general de la parte mecánica - Revisión general de motores eléctricos.

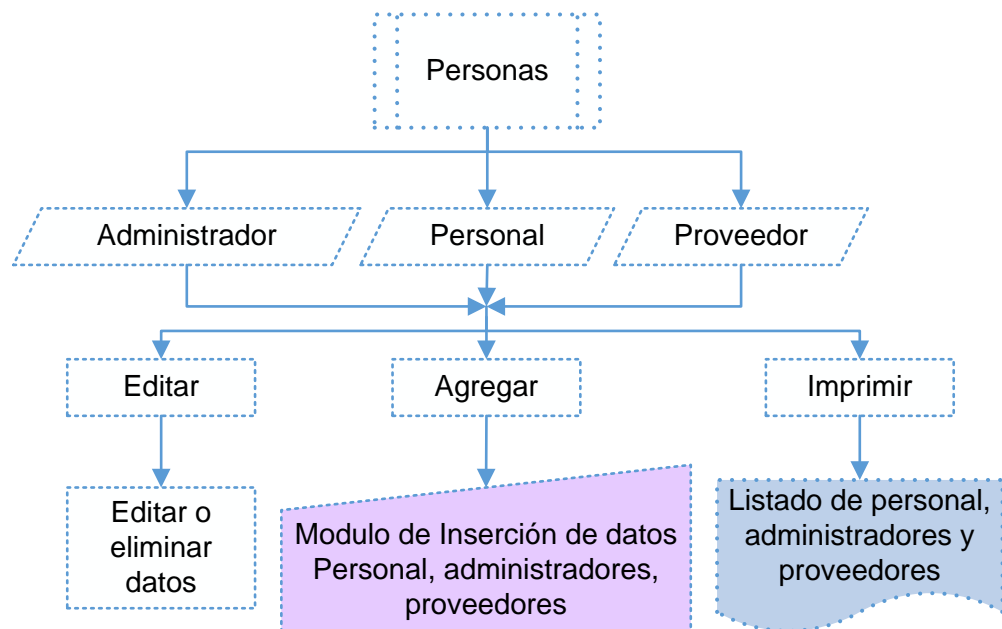
Anexo H. Diagramas de flujo Aplicación de escritorio

Los diagramas de flujo presentan el lugar en donde se encuentran las salidas y las entradas graficadas en los diagramas de la sección del sistema de información, bajo las mismas convenciones.

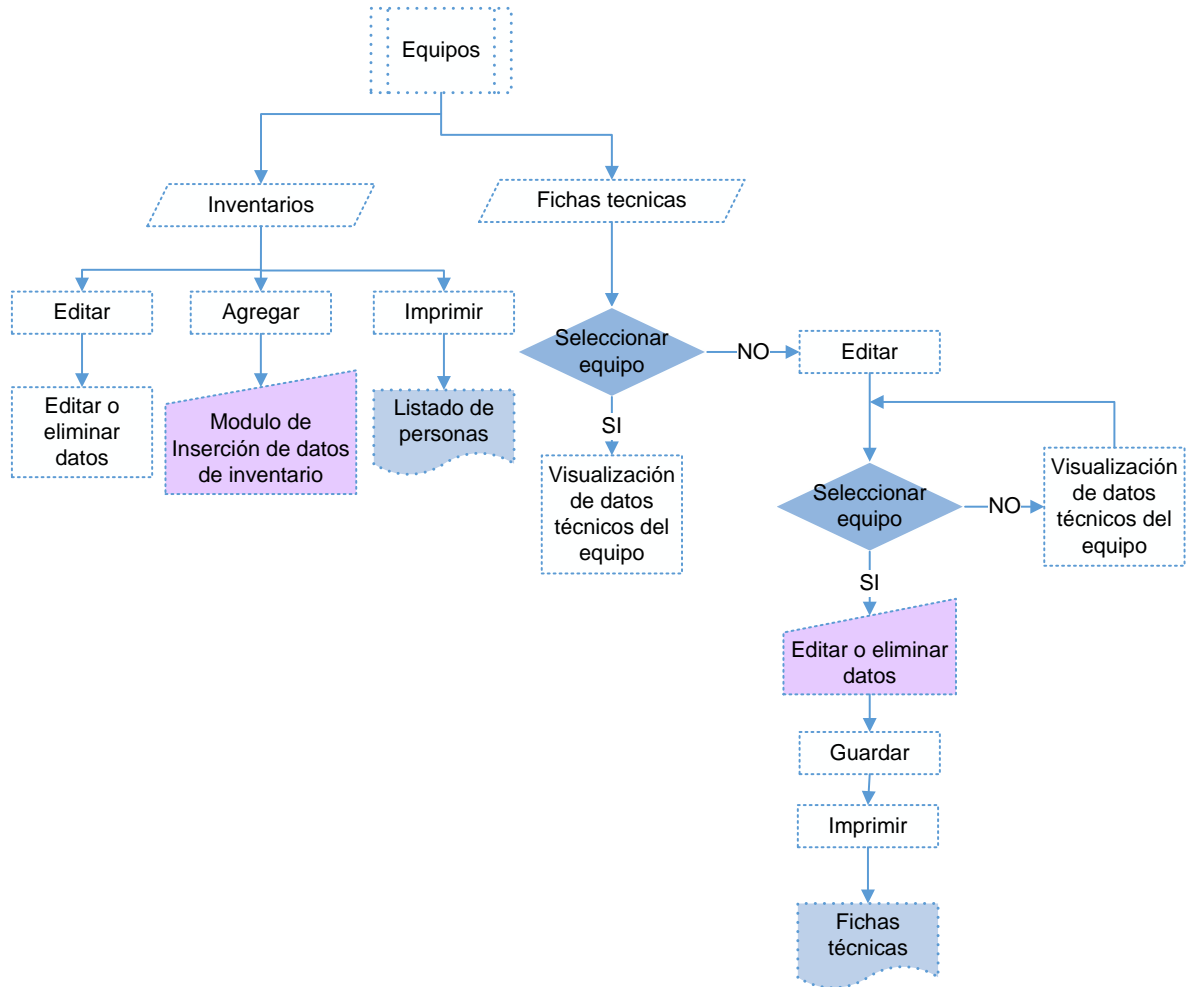
Ingreso:



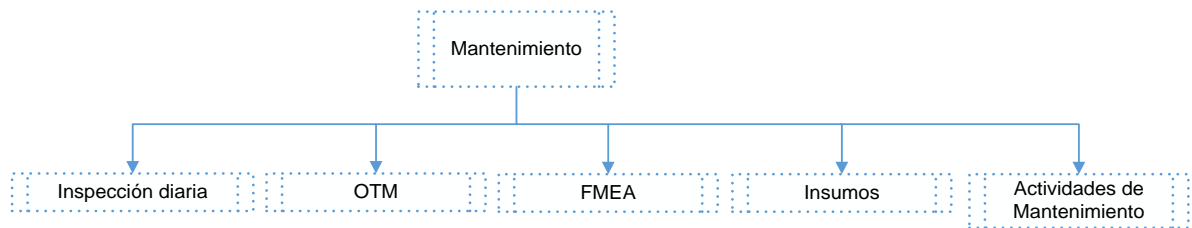
Módulo Personas:



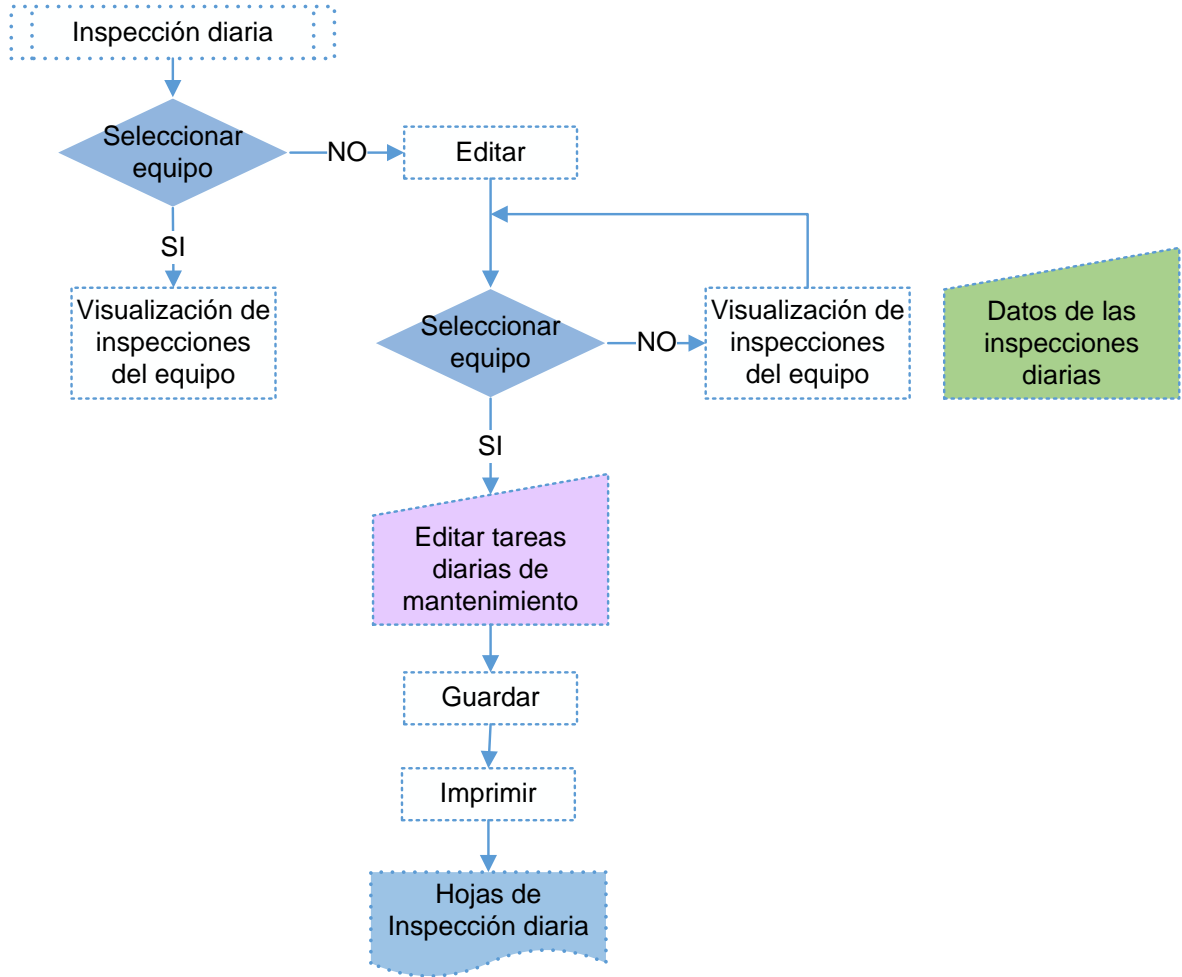
Módulo Equipos:



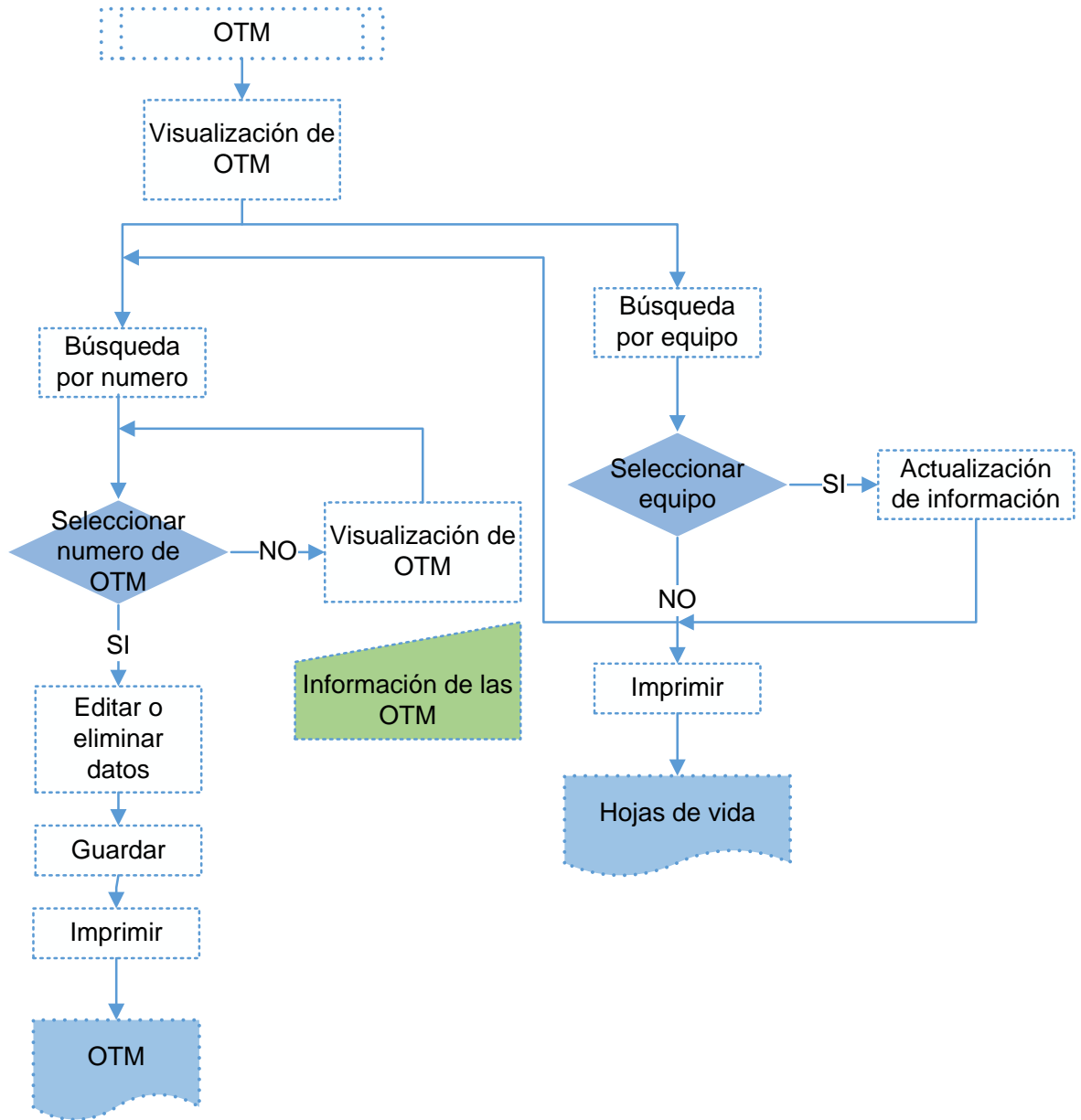
Módulo Mantenimiento:



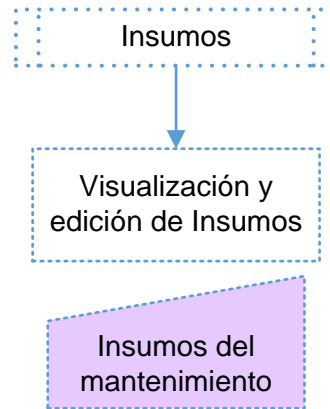
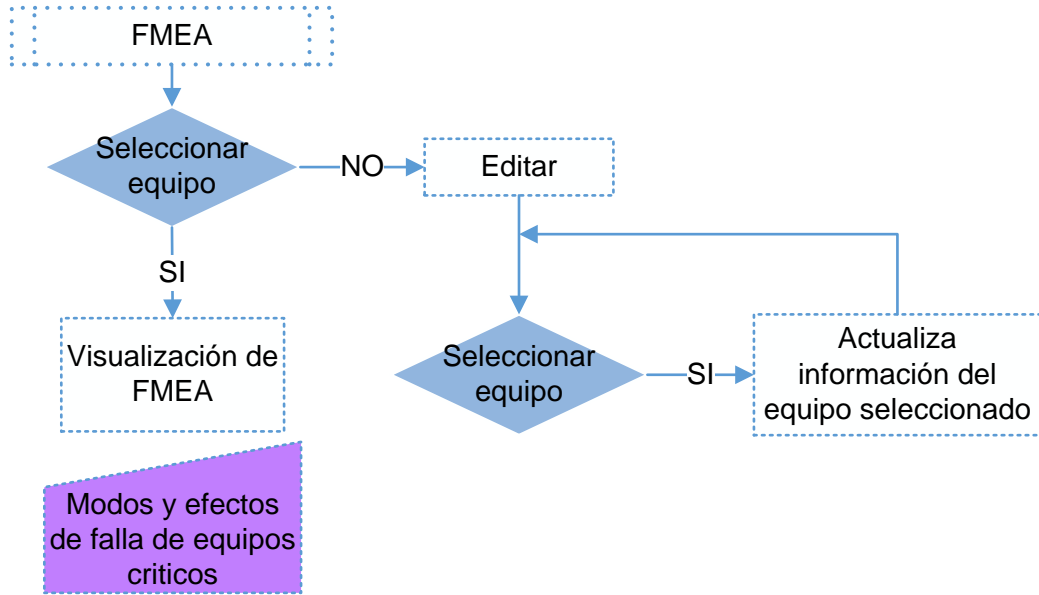
- Sub-módulo: Inspección diaria



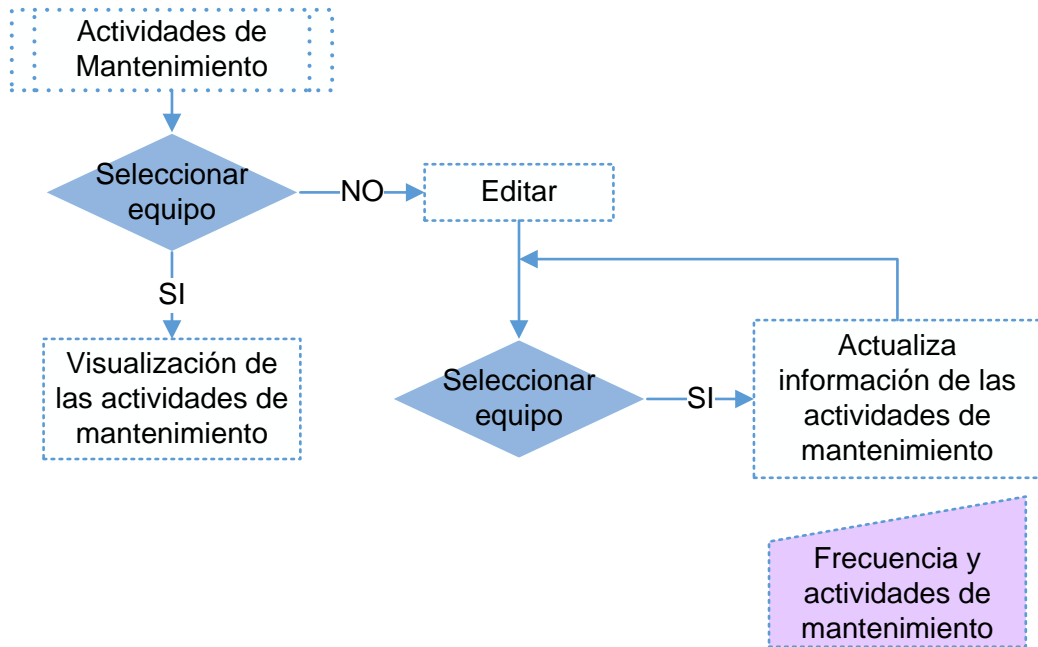
- Sub-módulo OTM:



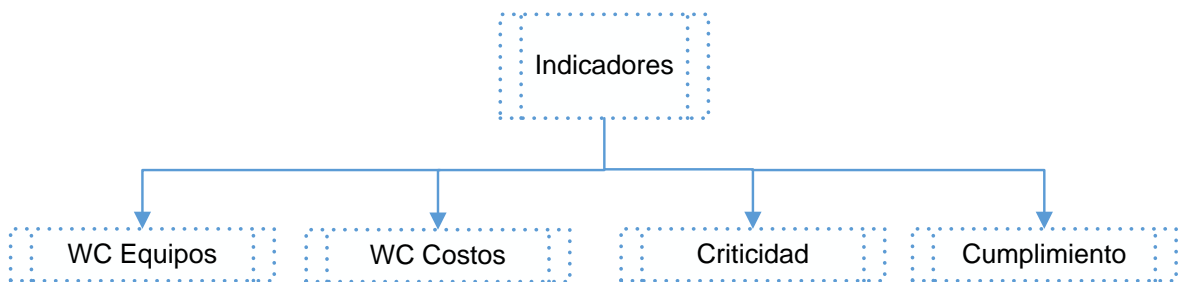
- Sub-módulo FMEA



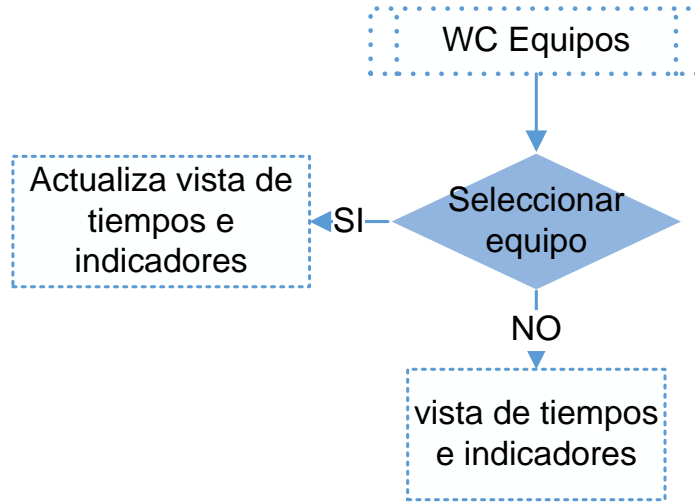
- Sub-módulo Actividades de mantenimiento:



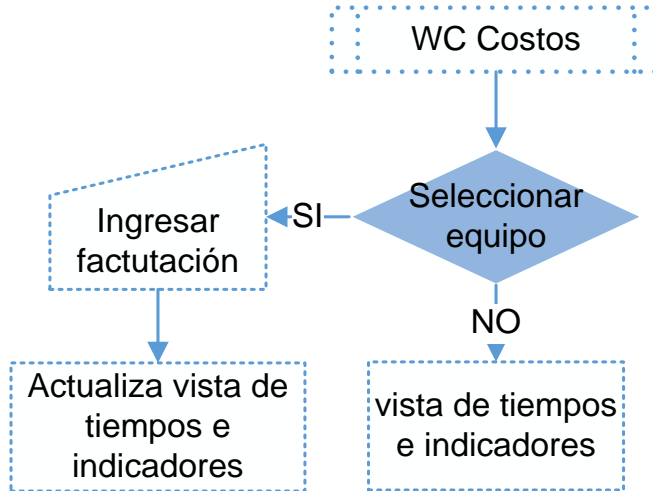
Módulo Indicadores:



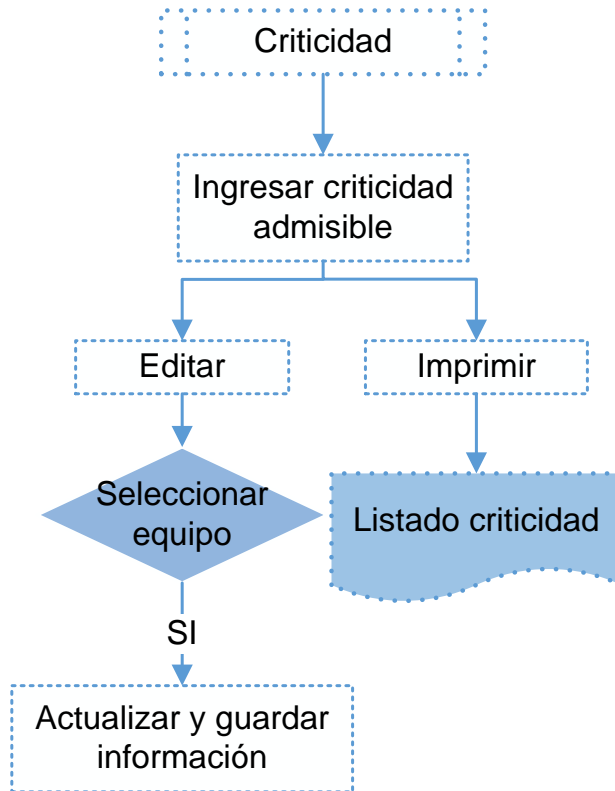
- Sub-módulo WC Equipos



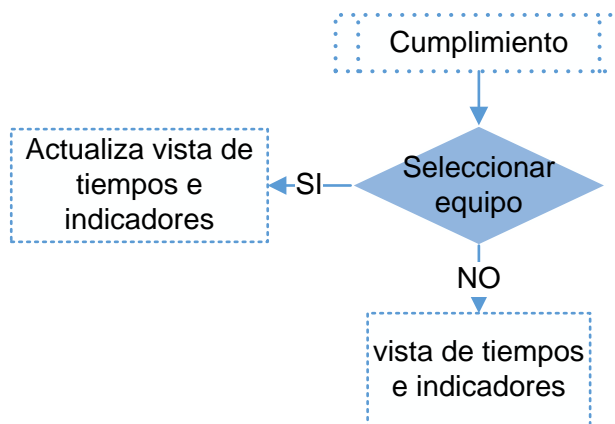
- Sub-módulo WV Costos:



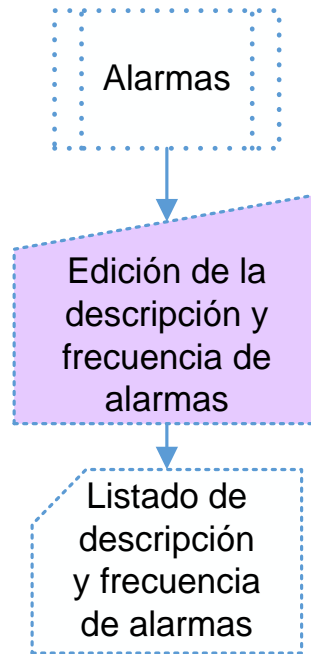
- Sub-módulo Criticidad:



- Sub-módulo Cumplimiento

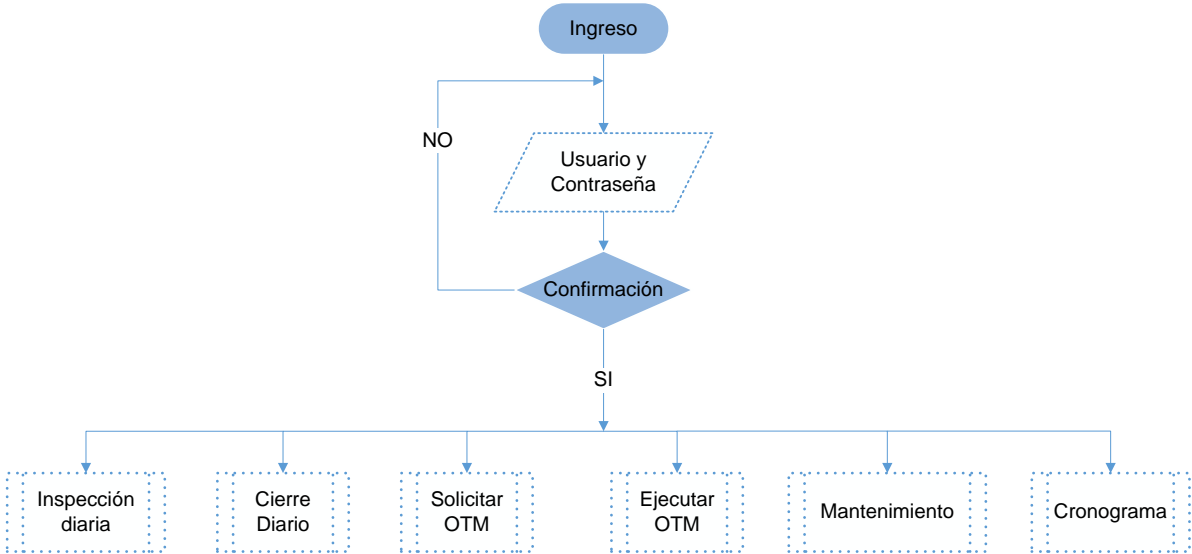


Módulo Alarmas:



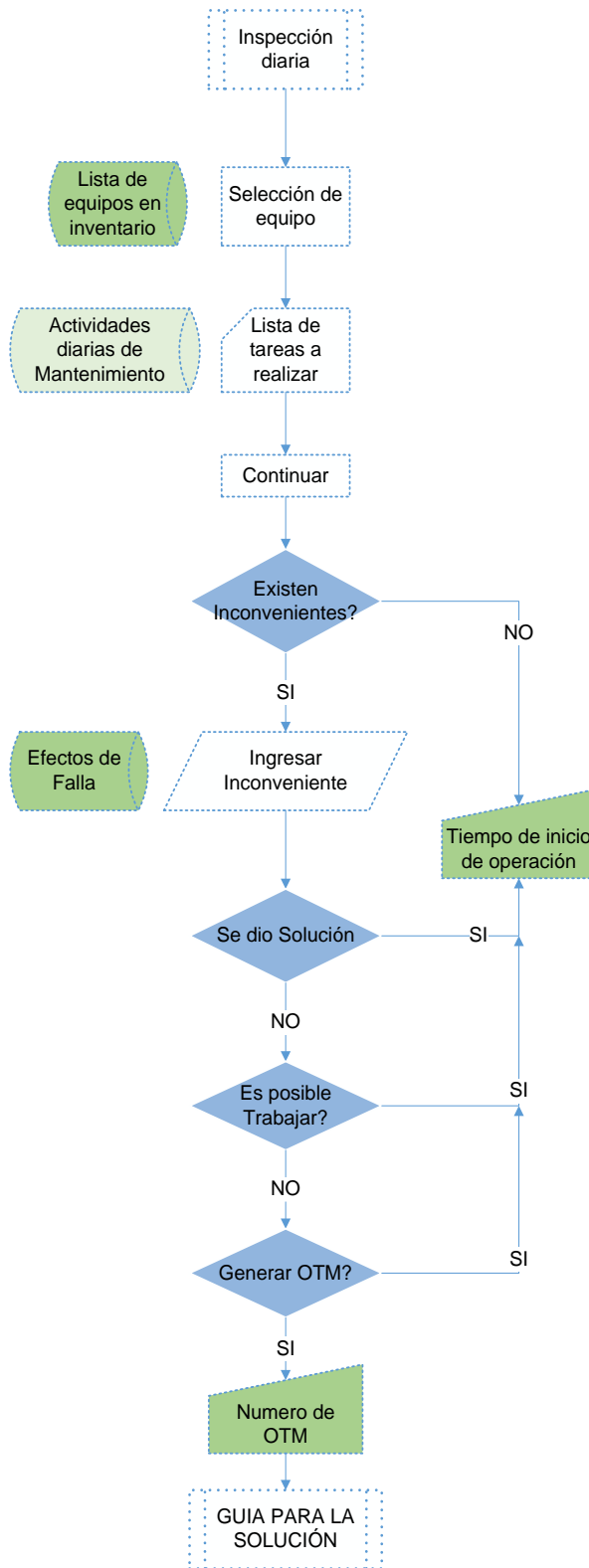
Anexo I. Diagramas de flujo aplicación Móvil

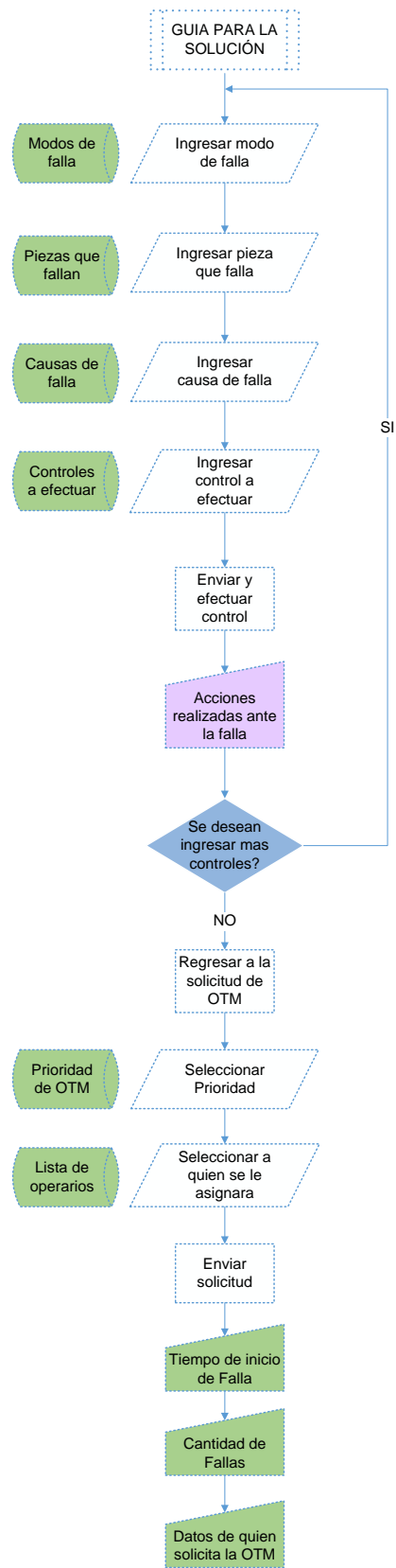
El diagrama general de las funcionalidades de la aplicación móvil se presenta en la siguiente figura:



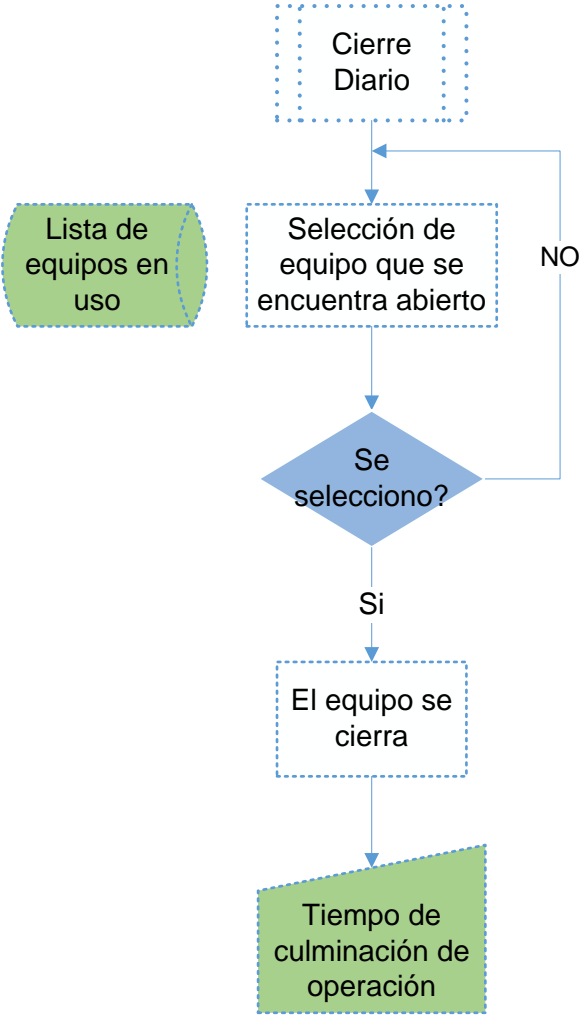
En las siguientes figuras, se representa el diagrama de flujo de las secciones que hacen parte de la aplicación móvil:

Inspección diaria

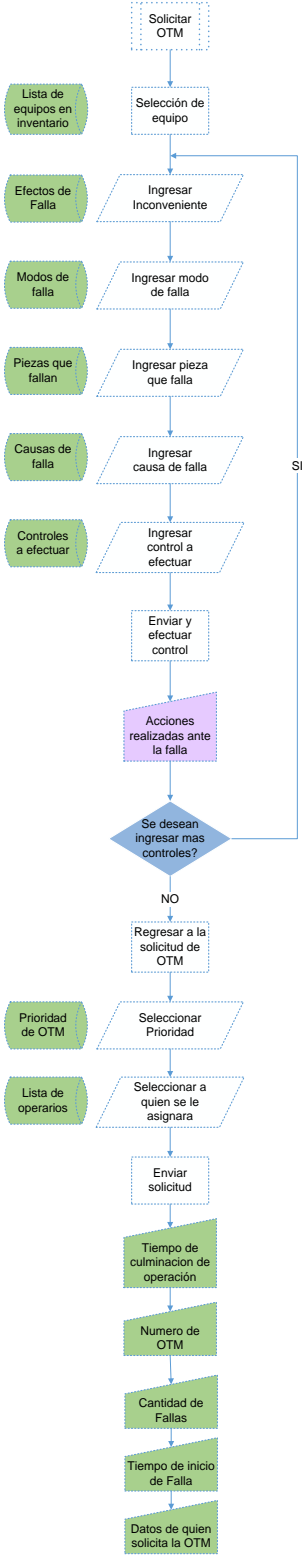




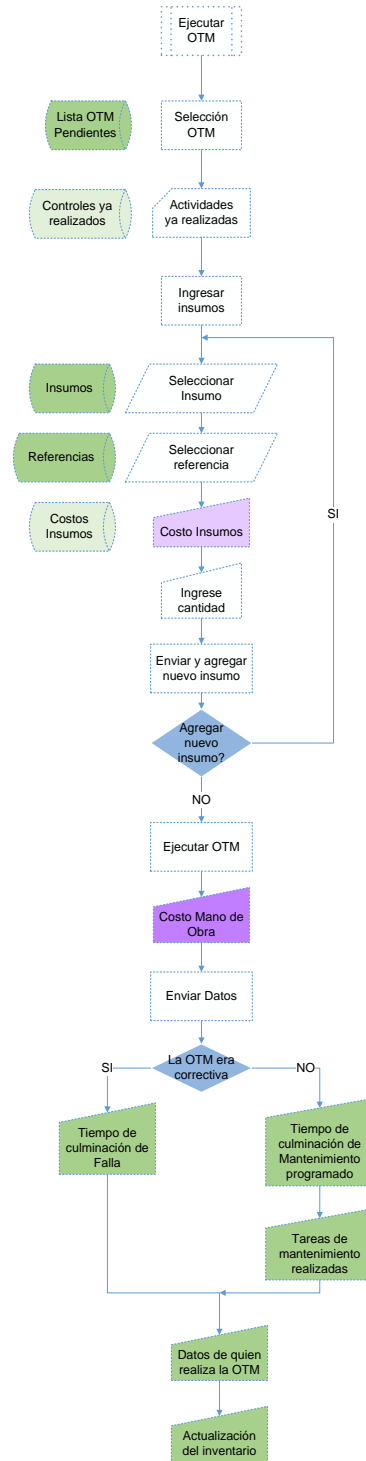
Cierre Diario



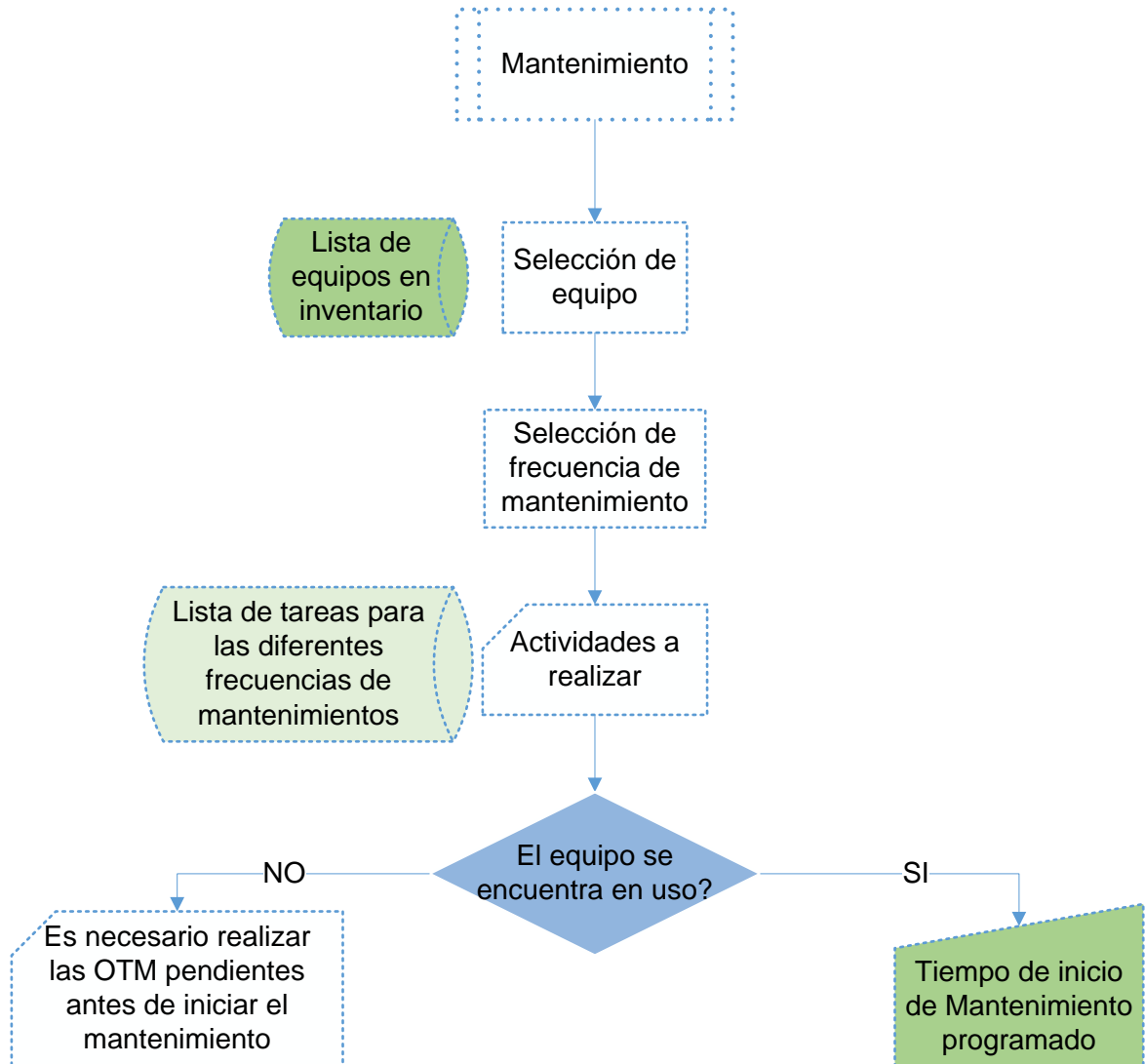
Solicitar OTM



Ejecutar OTM



Mantenimiento



Cronograma

