

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**  
**UNAN - MANAGUA**  
**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, MATAGALPA**  
**FAREM - MATAGALPA**

Programa de Ingeniería Agroindustrial



**Tema: Gestión del Mantenimiento en el beneficio de café seco Las Nubes – INROCASA, segundo semestre del año 2019**

Monografía para optar al grado de “Ingeniero Agroindustrial”

Autor: Rehtsel Yllebram Gutiérrez Herrera, Br.

Tutor: Rosa María Vallejos Cabrera, M.Sc.

Matagalpa, Nicaragua, enero de 2020



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA**  
**UNAN - MANAGUA**  
**FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, MATAGALPA**  
**FAREM - MATAGALPA**

Programa de Ingeniería Agroindustrial



**Tema: Gestión del Mantenimiento en el beneficio de café seco Las Nubes – INROCASA, segundo semestre del año 2019**

Monografía para optar al grado de “Ingeniero Agroindustrial”

Autor: Rehtsel Yllebram Gutiérrez Herrera, Br.

Tutor: Rosa María Vallejos Cabrera, M.Sc.

Matagalpa, Nicaragua, enero de 2020

## **DEDICATORIA**

El proceso de aprendizaje que he pasado durante estos cinco años de estudio culminándolo con el presente trabajo es dedicado y agradecido a Jesús Cristo en primer lugar por el simple hecho de que todas las cosas que hago deben ser para la honra de Él, ya que es el creador y diseñador inteligente de la naturaleza y de nuestra intelectualidad.

A mi madre Marbelly Herrera que me ha apoyado en todo mi desarrollo y mi familia que siempre han creído en mí.

Por ellos mi proceso de aprendizaje seguirá perpetuamente, comprometido también para la sociedad en el servicio profesional y desarrollo de nuevos proyectos para el bien común.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a las personas que he compartido experiencias y conllevado relaciones ganar – ganar en todo este proceso de estudio. Incluye a los:

- Compañeros de clases, en la que compartí buenos momentos en el aula, las giras, ferias, fiestas y problemas. A pesar de las diferencias fueron un gran grupo. Me permitieron desempeñarme como estudiante mentor y presidente de sección; y estoy agradecido por ello, además de aprender de la experiencia que ellos compartían conmigo.
- Los profesores que transmitían sus conocimientos, consejos y experiencia personal. No solamente los de mi carrera, sino los de la comunidad universitaria en general.
- Equipo de laboratorio de informática ya que fue un buen tiempo para adquirir responsabilidades y desempeñarme laboralmente.
- Compañeros artistas de la universidad que disfrutamos del arte de la música, siendo parte también de mi vida estudiantil.
- Y compañeros profesionales de las distintas empresas en que realicé prácticas, gracias por su apoyo y su buen trato.

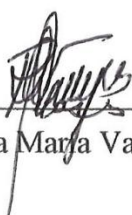
## OPINION DEL TUTOR

El trabajo monográfico: “Gestión del Mantenimiento en el beneficio de café seco Las Nubes – INROCASA, segundo semestre del año 2019, realizado por el bachiller Rehtsel Yllebram Gutiérrez Herrera para optar al título de Ingeniero Agroindustrial, según mi seguimiento y evaluación concluyo que cumple con las normativas de la UNAN Managua, exigidas para esta modalidad de graduación. Lo cual significa que: existe correspondencia entre el trabajo presentado y la estructura que define la normativa, además de haber correspondencia entre el problema de investigación, objetivos, contenido del trabajo, metodología, conclusiones y recomendaciones. Por lo tanto, contiene el rigor científico para un trabajo de este tipo.

También valoro como sobresaliente la aplicación de los conocimientos adquiridos, así como el grado de independencia, creatividad, iniciativa y habilidades desarrolladas, pero sobre todo el alto nivel de responsabilidad e integración demostrado.

El trabajo realizado por Rehtsel Yllebram Gutiérrez Herrera, es de mucho valor para la región, en especial para la actividad agroindustrial, siendo una de las primeras investigaciones que se hacen sobre esta temática en la FAREM, Matagalpa y será de gran utilidad para empresarios agroindustriales, estudiantes, Instituciones, Organismos y Universidades vinculados a las actividades agroindustriales, recomiendo sea usado como material de consulta y retomarse para profundizar estudios futuros.

Felicito sinceramente al Br. Rehtsel Yllebram Gutiérrez Herrera su esfuerzo, entrega, disposición y logros obtenidos, que hoy se ven reflejado en el presente trabajo, que les permitirá coronar su carrera profesional. ¡Felicidades!

  
MSc. Rosa María Vallejos Cabrera

## **RESUMEN**

La presente investigación analiza la gestión del mantenimiento en el beneficio de café Las Nubes – INROCASA, se describieron las actividades inherentes al mantenimiento que se desarrollan en la empresa, se caracterizó la gestión del mantenimiento mediante evaluación identificando las herramientas que se utilizan para la planeación y control del mantenimiento. Para realizar el estudio se recolectó información mediante técnica de investigación documental, observación, y entrevista a personal relacionado con el mantenimiento quienes aportaron información importante para el estudio. Las actividades inherentes al mantenimiento que se aplican son: acciones correctivas y preventivas, preparación de las intervenciones, registro de orden de trabajo y reporte de trabajo, manejo de inventario, manejo de presupuesto, análisis y relaciones con proveedores de servicios técnicos y de consumibles, implementación de instrumentos como 5s y tomas de decisiones para el corto plazo. La gestión de mantenimiento se caracteriza por tener un enfoque hacia las acciones y fundamentarse por la experiencia y consideraciones subjetivas. Y no se mide la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) de los equipos con el fin de desarrollar niveles tácticos y estratégicos. Esta investigación generó una propuesta para mejorar la gestión del mantenimiento permitiendo asegurar los procedimientos para preparar las intervenciones mediante uso de la informática, medir y controlar indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad utilizándolos para la planeación y control del mantenimiento.

Palabras claves: Gestión, Mantenimiento, Sistema, CMD, Máquinas.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
OPINION DEL TUTOR .....	III
RESUMEN .....	IV
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>5</b>
Antecedentes.....	5
Marco contextual.....	6
Marco Teórico .....	11
<b>2.2. PREGUNTAS DIRECTRICES .....</b>	<b>54</b>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>55</b>
3.1.1. Ubicación geográfica.....	55
3.1.2. Alcance de la investigación .....	55
3.1.3. Enfoque de investigación .....	55
3.1.4. Variables .....	56
3.1.5. Universo y muestra .....	57
3.1.6. Plan de recolección de datos .....	57
3.1.7. Plan de análisis de datos .....	58



<b>CAPITULO IV</b> .....	60
<b>4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	60
<b>4.1.1. Actividades inherentes al mantenimiento</b> .....	61
<b>4.1.2. Caracterización de la gestión de mantenimiento</b> .....	75
<b>4.1.3. Herramientas para mejorar la gestión</b> .....	90
<b>CAPITULO V</b> .....	101
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	101
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	102
<b>5.3. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	103

## **CUADROS**

Cuadro 1. Evaluación de la gestión de mantenimiento. ....	82
Cuadro 2. Resumen de evaluación de la gestión de mantenimiento. ....	87

## **ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Estructura organizacional de empresa objetivo de estudio. ....	8
Ilustración 2. Proceso productivo de empresa objeto de estudio. ....	10
Ilustración 3. Tero tecnología en un marco de logística empresarial. ....	15
Ilustración 4. Operación del sistema mantenimiento en la empresa. ....	19
Ilustración 5 Unidad básica de producción. ....	20
Ilustración 6 Sistema de agregación de valor fabril, empresarial o de servicios. ....	21
Ilustración 7 Unidad elemental de mantenimiento. ....	21
Ilustración 8 Sistema integral de mantenimiento y operación. ....	22
Ilustración 9. Siglas CMD. ....	29
Ilustración 10. Curva de la bañera. ....	31
Ilustración 11. Táctica a establecer según indicador beta. ....	32
Ilustración 12 Niveles del mantenimiento. ....	35
Ilustración 13. Control integral de Fayol y su asociación con costos. ....	51
Ilustración 14. Proceso metodológico. ....	59
Ilustración 15. Clasificación de las máquinas y equipos. ....	60
Ilustración 16. Acciones de mantenimiento a lo largo del año en Beneficio Las Nubes. ....	63
Ilustración 17. Funciones de mantenimiento. ....	65
Ilustración 18. Proceso de mantenimiento. ....	71
Ilustración 19. Proceso de mantenimiento planeado. ....	74
Ilustración 20. Debilidades de la gestión de mantenimiento. ....	89
Ilustración 21. Rediseño de sistema de mantenimiento. ....	97
Ilustración 22. Ciclo de mejora para gestión de mantenimiento. ....	100

## **GLOSARIO**

**CMD:** siglas para confiabilidad – mantenibilidad – disponibilidad.

**KPI:** indicador clave de rendimiento. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado previamente y normalmente se expresa en valores porcentuales. Cuantifica factores claves de una estrategia para la gestión.

**OT:** Significa orden de trabajo. Documento o formato que alude a la preparación, instrucciones y programación de intervenciones de mantenimiento.

**VBA:** Lenguaje de programación orientado a objetos de las aplicaciones Microsoft Office. En Excel la misma aplicación, hojas de cálculos, libros y las mismas celdas son objetos. Se puede programar instrucciones (Macros) para automatizar tareas o incluso agregar controles y formularios para crear un aplicativo.

**Power Pivot:** complemento de Excel para modelar datos.

**DAX:** es un lenguaje de fórmulas para realizar cálculos y modificar contextos del modelo de datos. Sus resultados pueden expresarse en columnas (contexto de filas) o en medidas (agregaciones).

**BI:** Significa inteligencia de negocios y abarca al conjunto de estrategias, aplicaciones, datos, productos, tecnologías y arquitectura técnicas, los cuales están enfocados a la administración y creación de conocimientos sobre el medio, a través del análisis de los datos existentes en una empresa. Microsoft proporciona herramientas para BI, como power BI, power pivot, y Excel.

**UT:** Up Time o tiempo útil en el que una máquina funciona correctamente.

**DT:** Down Time o tiempo no operativo de una máquina.

**LDT:** Logistic Down Time o tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos a la máquina que retrasan el tiempo activo.

**TBF:** Time Between to Repair o tiempo entre fallas. Cuando un equipo es reparado se contabiliza el tiempo funcional del equipo hasta que de nuevo entre en falla.

**TTR:** Time to Repair o tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos.

Mp: Tiempo que demora un mantenimiento planeado.

Consumible: repuestos e insumos para realizar un mantenimiento.

Stock: inventario de repuestos e insumos a mano.

Curva de Davies: Gráfica que muestra la evolución en el tiempo frente a la tasa de fallas y el valor del parámetro de forma Beta de la distribución Weibull. Se identifican tres fases de la vida útil de una máquina.

Tasa de fallas: expresa la cantidad de averías o de reparaciones por unidad de tiempo que ocurren en el tiempo.

Parámetro eta de Weibull: es el parámetro de escala y su valor es determinante para fijar la vida útil del producto o sistema. Cuanto más alto, las máquinas pueden ser más robustas o de trabajo de mayor duración.

Parámetro beta de Weibull: es el parámetro de forma y es una medida de dispersión del comportamiento de las fallas y es inverso a la duración promedio de ellas.

MTBMc: indicador de confiabilidad medido en horas. Se traduce como tiempo medio entre mantenimientos no planeados. Puede estimarse por promedios de tiempos o ajuste de los tiempos a una distribución o función de probabilidad como puede ser Weibull, Normal, Lognormal, entre otros.

Distribución de Weibull: distribución de datos utilizada en mantenimiento para estimar la confiabilidad de los equipos, se caracteriza por ser acomodable a las tres zonas (infancia, madurez y envejecimiento) de la curva de Davies.

MTBMp: Tiempo medio entre mantenimiento planeados. Puede estimarse por promedios o ajuste de los datos a una distribución.

MTTR: es el tiempo neto medio para realizar reparaciones o mantenimientos correctivos. Dependiendo de la disponibilidad que se quiera calcular, puede incluirse la suma de los LDT. Puede estimarse por promedios o por medio de distribuciones.

M: tiempo medio de mantenimiento activo que se requiere para realizar una tarea de mantenimiento, es función de los tiempos medios de mantenimiento correctivo y planeado y sus frecuencias relativas.

## **CAPITULO I**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El presente documento trata de la gestión del mantenimiento en el beneficio de café Las Nubes - INROCASA, durante el segundo semestre del año 2019. El objetivo principal del estudio es analizar la gestión de mantenimiento que aplican en esta empresa.

Hay estudios que muestran que el mantenimiento es considerado con menos valor que producción en países en vía de desarrollo y latino americanos (Prando, 1996). Lo que tiende a considerarlo como una función que genera costos, dependiente de producción y que su utilización es meramente reparar equipos, sin embargo, una de las grandes ocupaciones de la ingeniería es la de mantener, la cual dirige el aspecto operativo, técnico y de gestión del mantenimiento.

Lo cierto es que el mantenimiento y producción pertenecen a las “dos caras de una misma moneda”; Mora (2009) identifica lo anterior como ingeniería de fábricas.

A lo largo del estudio se revisa acerca de la teoría sistémica del mantenimiento y sus niveles de gestión y operación.

El método de investigación se caracteriza por tener un enfoque mixto, ya que contiene procesos cualitativos para recolección y análisis de información, además de transformación de datos cualitativos a cuantitativos.

Una vez obtenido la información, se presenta en un solo reporte la discusión de los resultados, que en resumen son los siguientes. Existencias de actividades de mantenimiento como preparación de intervenciones, manejo de inventarios, acciones preventivas y correctivas, y manejo de la subcontratación. En cuanto a la gestión se caracteriza por tener enfoque hacia las acciones, careciendo de enfoque táctico y estratégico ya que no se aplican mediciones de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad (CMD) y manejo de costos. Con el fin de poder mejorar la gestión de mantenimiento, se propuso una herramienta informática que permita manejar los tiempos e indicadores del CMD.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa vista como una unidad productiva de bienes y servicios, requiere de recursos (humanos, financieros, información, equipos, suministros) para su funcionamiento, pero también requiere una buena gestión de éstos. Desde otro enfoque esos recursos son considerados activos porque generan utilidad financiera cuando estos crean bienes y servicios que un determinado mercado demanda, lo que permite obtener ingresos.

Desde la revolución industrial, las máquinas pasaron a ser objetos claves en la productividad, pero al ser vulnerables con el tiempo puesto que su confiabilidad bajaba, también el papel del mantenimiento llegó a ser considerado necesario.

Respecto a la importancia del mantenimiento en la competitividad de las empresas, Mora (2009) concluye que “la forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y la aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento”.

La relación que una producción y mantenimiento son las máquinas o equipos productivos, pues el propósito de mantenimiento es sostener la funcionalidad y buen estado de las máquinas que producción utiliza para generar bienes o servicios.

Existen empresas que se limitan a que mantenimiento es reparar, pero cuando éstas maduran a través del tiempo se van dando cuenta de la necesidad del desarrollo y mejora de la gestión del mantenimiento, con el fin de mantener el máximo la funcionalidad de los equipos para tener mayor productividad.

En los beneficios de café como Las Nubes - INROCASA, es necesario de máquinas que procesan el café pergamino a café oro. Por característica propia de este rubro se sabe que, en temporada de cosecha la producción se intensifica utilizando niveles altos de la capacidad de planta en tiempos consecutivos, por lo que es necesario de considerar las funciones de mantenimiento para asegurar la producción.

A partir de lo explicado anteriormente, surge la pregunta: ¿Cómo es la gestión del mantenimiento en el beneficio seco Las Nubes - INROCASA?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Es necesario que toda empresa cuente con ventajas competitivas que la posicionen mejor que la competencia. Existe literatura que afirma que una buena gestión del mantenimiento genera ventaja competitiva a las empresas, más cuando es practicado integralmente con las demás áreas, pues reduce costos, pérdidas de tiempo, y mejora la productividad, incluso hasta llegar a considerar el mantenimiento como un activo y no un pasivo que genera costos. Esto ha originado que diversas empresas reconocidas desarrollen el mantenimiento en distintos niveles, desde el más básico hasta la excelencia, lo que las posicionan con ventaja competitiva.

Se ha considerado estudiar dicho tema, con el propósito de valorar más el mantenimiento. De igual manera se considera que las herramientas, métodos y conocimientos de la gestión del mantenimiento es útil para el ingeniero industrial o agroindustrial dedicado a mejorar los sistemas productivos.

La investigación en el beneficio seco Las Nubes - INROCASA permitirá contrastar información con otros estudios parecidos acerca del mantenimiento, también permitirá desarrollar propuestas que mejoren la gestión de mantenimiento de este beneficio.

A los ingenieros y docentes de ingeniería industrial y agroindustrial permitirá obtener información acerca de herramientas de evaluación de la gestión del mantenimiento, así como del sistema integral Confiabilidad – Mantenibilidad – Disponibilidad, y ejemplo de propuesta aplicado en el beneficio Las Nubes - INROCASA.

## **1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General.**

Analizar la gestión de mantenimiento en el beneficio seco Las Nubes - INROCASA durante el segundo semestre año 2019.

### **Objetivos Específicos.**

- Describir las actividades inherentes al mantenimiento que se aplican en el beneficio seco Las Nubes – INROCASA.
- Caracterizar la gestión de mantenimiento industrial del beneficio seco Las Nubes – INROCASA.
- Proponer herramientas que mejoren la gestión del mantenimiento del beneficio seco Las Nubes - INROCASA.



## **CAPITULO II**

### **2.1. MARCO REFERENCIAL**

#### **Antecedentes**

Existen diversos proyectos e investigaciones tanto de pregrado como de posgrado acerca de mantenimiento. En el repositorio universitario de Nicaragua del Consejo Nacional de Universidades (CNU) es posible encontrar 248 resultados de investigaciones referentes al tema.

Se han identificado diferentes enfoques en los documentos tales como: análisis técnicos de máquinas o equipos específicos de una empresa en particular, propuestas de planes de mantenimiento preventivo, evaluaciones del departamento de mantenimiento, planes de mejora para el departamento de mantenimiento, y proyectos de diseños de sistemas asistidos por computadora. A continuación, se mencionan algunos trabajos.

Blandón, Rodríguez, & Sequeira (2018) en su escrito titulado “Diseño de manual de mantenimiento preventivo asistido por computadora para la maquinaria CTP, Roland y Guillotina en impresiones Isnaya® Estelí, en el segundo semestre 2017”, realizaron un diagnóstico de la gestión de mantenimiento de la empresa, además de obtener información como inventario de máquinas y tiempos de mantenimiento para procesar la información y elaborar un manual de mantenimiento preventivo y el diseño de un software para gestionarlo.

En el documento “Propuesta de procedimiento de auditoría interna para la gestión del mantenimiento en la empresa Cuspid S.A.” de Hernández & Davis (2012), aplicaron algunos métodos de diagnóstico de mantenimiento y presentaron resultados de la evaluación, además de elaborar un manual de procedimiento de auditoría.

La tesis titulada “Establecimiento de Costos y Controles de Mantenimiento en Equipos críticos y Operaciones Recurrentes en Refinería Managua con la Aplicación del Sistema Global de Confiabilidad (GRS).” De Velásquez (2007) realizó un análisis exhaustivo de todo el programa anual de mantenimiento y encontraron que presenta un incremento sustancial en las operaciones recurrentes analizadas, por lo que mediante diagrama Pareto y análisis de causas y efectos identificaron los equipos que representan mayor costo de pérdida de oportunidad, tradujeron el problema en los costos incurridos, luego realizaron propuestas

para minimizar los costos y demostraron la viabilidad de los controles propuestos de mantenimiento.

Entre los antecedentes respecto a la empresa objeto de estudio solamente existe un estudio titulado como “Evaluación de riesgos laborales en la empresa de Beneficiado de Café Seco INROCASA, LAS NUBES en el municipio de Matagalpa durante el segundo semestre del año 2016.” De Blandón & Urrutía (2017) la cual evaluaron los riesgos empresariales existentes en las diferentes áreas que laboran los trabajadores, determinaron que las causas y consecuencias que originan riesgos en las áreas de trabajo entre ellas se encuentran la falta del uso exigido del equipo de protección personal, posturas inadecuadas en la manipulación de la carga, falta de señalizaciones, el mapa de riesgo de las instalaciones del beneficio no estaba bien estructurado y se aportaron recomendaciones para minimizar riesgos que afecten la seguridad del trabajador.

Como puede observarse, no existe estudio respecto a la gestión del mantenimiento en el beneficio Las Nubes - INROCASA.

### **Marco contextual**

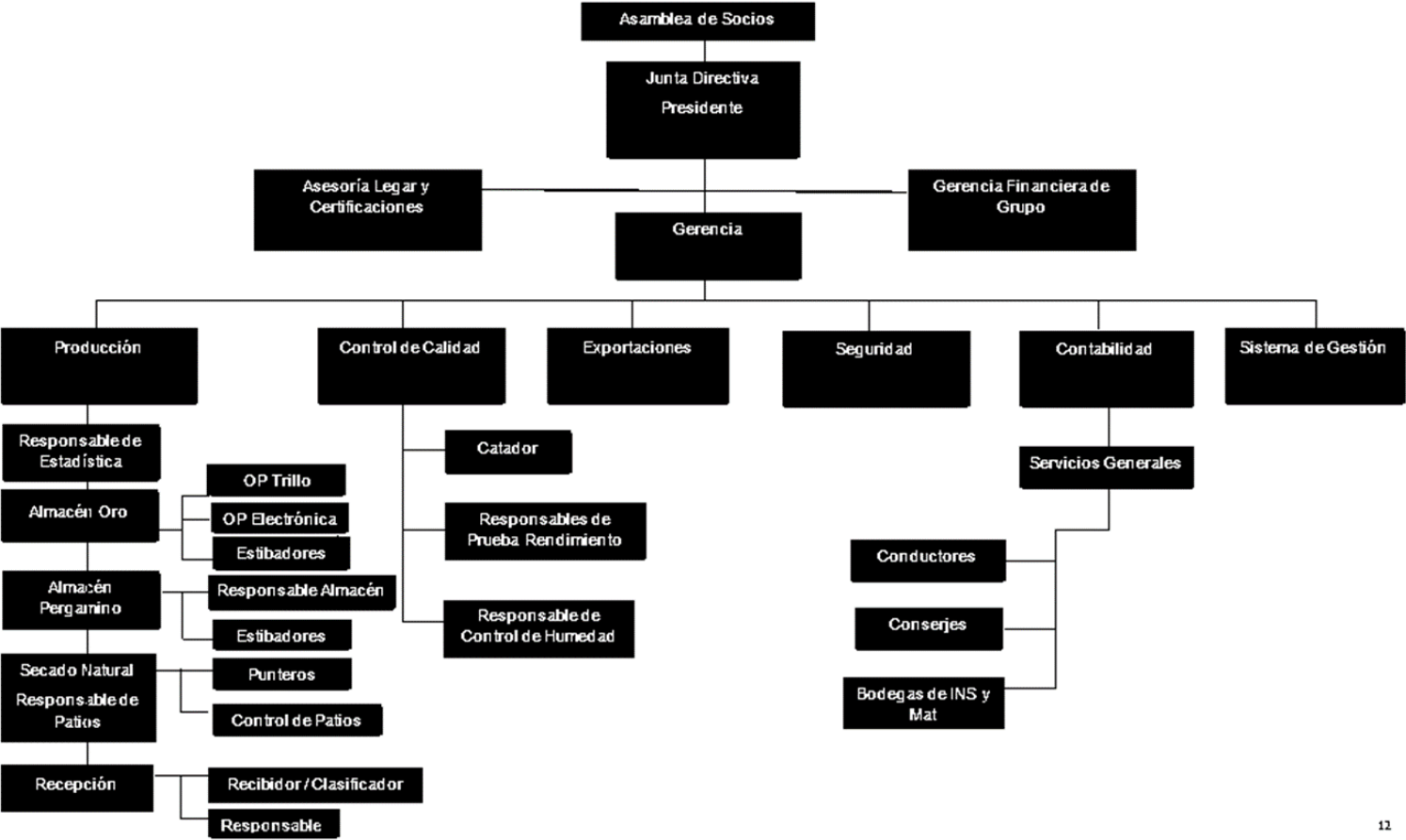
Beneficio de café Las Nubes - INROCASA es una empresa de capital nicaragüense ubicada en la comarca Waswalí, departamento de Matagalpa. Se dedica a prestar servicio de beneficiado seco de café a las fincas del grupo Las Nubes y algunos amigos y socios comerciales con el fin de brindar a los productores un alto nivel de satisfacción en cuanto a servicio, tiempo de entrega, calidad y rendimiento del grano recibido. Así también brindan el servicio de exportación de café a aquellos clientes que así lo requieren, entre sus destinos de exportación se mencionan algunos como: España, Noruega, Estado Unidos, Reino Unido, Rusia, Japón, Chile, entre otros (Beneficio de café Las Nubes, 2019).

La empresa al ser una sociedad anónima está integrada por una Asamblea de Socios, una Junta Directiva, un presidente de junta directiva, el cual tiene una función de staff respondiendo a la asesoría legal. El gerente general de beneficio, quien evalúa y corrige el desempeño laboral de las actividades y de sus subordinados, asegura el cumplimiento de los objetivos y los planes de la empresa, autoriza contrataciones y despidos del personal por medio del área de recursos humanos, es el máximo responsable del área de finanzas y contabilidad, control presupuestario, tesorería, análisis financiero, auditorías, sistema de

procesos de datos. A la vez ejerce un liderazgo dinámico para volver operativos y ejecutar los planes y estrategias determinados. El Gerente Financiero de grupo Las Nubes cuya función es planificar, organizar, dirigir, programar y controlar las actividades del departamento contable, y emite estados financieros oportunos, confiables de acuerdo a los principios de contabilidad generalmente aceptados y otras disposiciones vigentes (Beneficio de café Las Nubes, 2019)

Disponen de un contador y el encargado de control de calidad quien es el que establece las normas de calidad en cada una de las etapas del proceso y verifica el cumplimiento de las mismas, planifica, organiza, dirige, controla el departamento de calidad, asegura el cumplimiento establecido por la gerencia y junta directiva, prepara o libera los lotes y verifica que cumplan con las características de calidad de las muestras aprobadas por los clientes. También es conformado por un responsable de recepción que está a cargo de dos personas, un receptor de materia prima, y un responsable de patio, a la vez lo conforma un responsable de secado natural, un responsable de almacén pergamino, y responsable de producción de café oro (Beneficio de café Las Nubes, 2019).

La estructura organizacional es la siguiente.



12

Ilustración 1. Estructura organizacional de empresa objetivo de estudio.  
Fuente: (Beneficio de café Las Nubes, 2019)

En base a información suministrada por el manual de operaciones de la empresa Beneficio de café Las Nubes (2019), el proceso productivo se encuentra conformado por las siguientes áreas:

- Gerencia: planifica, dirige y controla el proceso productivo con enfoque a satisfacción del cliente.
- Recepción: recibe y clasifica el café, luego emite tarjeta de control y asigna lotes.
- Secado Natural: asignación de patio para secar los lotes determinados por recepción, además de controlar la humedad del café y darle punto para almacenar.
- Almacén pergamino: control de entradas del café recién secado, asignación de ubicaciones y control de peso. Control de salida del café reposado. Manejo de inventario del café, por peso, cliente, calidad, lote, certificado, convencional, entre otros.
- Almacén oro: preparación del café mediante uso de maquinarias que pelan, clasifican, vibran y escogen el café. En el caso del transporte, pesado y ensacado es manual. Manejo de inventario de café oro, por peso, cliente, calidad, certificado, convencional, entre otros.
- Estadística: lleva a cabo reportes y control de toda la producción.
- Exportaciones: realiza gestiones y contacto con los servicios de exportaciones y aduanas para preparar los contenedores.
- Sistema de gestión: supervisa el cumplimiento de las normas de custodia del sello Rain Forest Alliance (RFA).
- Contabilidad: lleva la contabilidad del beneficio y reporte financieros. También está a cargo de servicios generales que son: conserje, conductores, y bodega de materiales.
- Control de calidad: determina la calidad del café por catación y acepta o rechaza café escogido de acuerdo con especificaciones del cliente.

Existe un control por peso y por varios factores (cliente, calidad, etc.) en cada área de producción mediante un sistema de cómputo propio de la empresa, donde la información es almacenada en servidores propios.

Todo el flujo productivo se caracteriza por identificar puntos críticos de mezcla de café convencional y certificado Rain Forest Alliance (RFA), tal como se muestra a continuación.

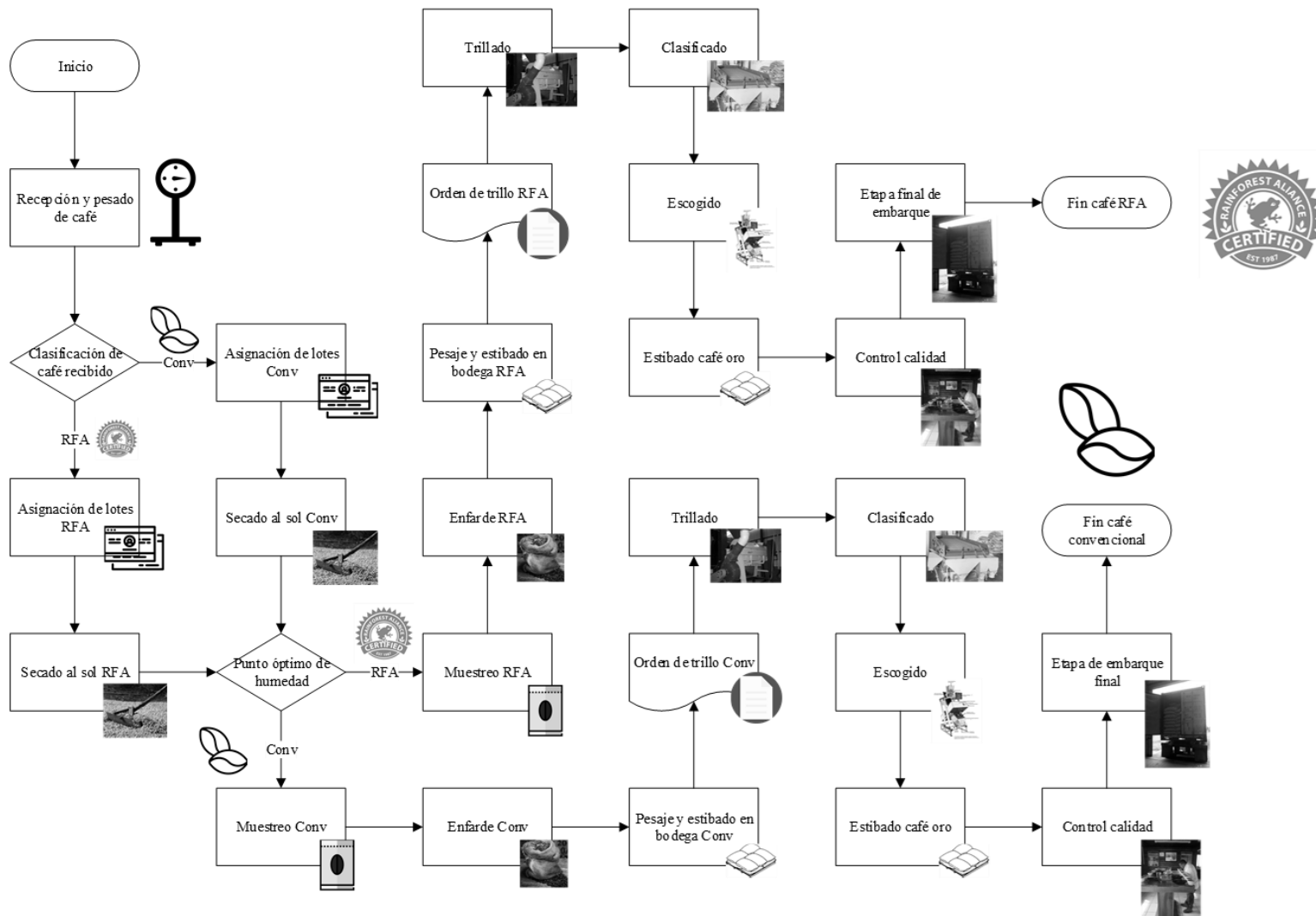


Ilustración 2. Proceso productivo de empresa objeto de estudio.  
 Fuente: (Beneficio de café Las Nubes, 2019)

## **Marco Teórico**

Actualmente la teoría acerca de la gestión del mantenimiento es muy amplia y suele ser tratada desde varias perspectivas, sin embargo, se optó por la perspectiva sistémica, es decir, el mantenimiento es una función de la empresa que actúa como un subsistema de la misma.

El marco teórico se resume en la conceptualización del mantenimiento, su objetivo, la evolución de los enfoques del mantenimiento a lo largo del tiempo, el mantenimiento visto como un sistema, la relación de mantenimiento y producción, los índices de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD) como base para la gestión de mantenimiento y los niveles de la gestión del mantenimiento desde el instrumental hasta el estratégico.

### **1. El mantenimiento y su función.**

El mantenimiento consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso y, de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables. (Prando, 1996).

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. En la actualidad, el mantenimiento está destinado a ser uno de los pilares fundamentales de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva. (Llanes, Hernández, Betancourt, Lara, & Fernández, 2006).

Tavares (2000) citado por (Llanes, Hernández, Betancourt, Lara, & Fernández, 2006, pág. 4) define el mantenimiento como “el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento para la producción; visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento”.

En la función del mantenimiento Mora (2009) afirma que la principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo. Así mismo añade que el mantenimiento es el sustantivo correspondiente al verbo mantener y que la función concreta de mantenimiento es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato productivo para que pueda cumplir su función de producir

bienes o servicios, además estos aparatos no son más que los objetos que genera la ingeniería en sus diferentes versiones.

Entonces el mantenimiento puede considerarse como aquella ventaja competitiva de una empresa, la cual permite maximizar la disponibilidad de sus equipos productivos al menor costo, asegurando la producción, previniendo fallos y minimizando las paradas.

### **1.1. Objetivo del mantenimiento en la empresa.**

Según Prando (1996) el mantenimiento es el medio que tiene toda empresa para conservar operable con el debido grado de eficiencia y eficacia su activo fijo. Engloba un conjunto de actividades necesarias para mantener una instalación o equipo en funcionamiento y restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas, el mantenimiento incide, por lo tanto, en la cantidad y calidad de la producción.

## **2. Enfoques de mantenimiento y producción.**

Para la comprensión de los roles, relaciones y funciones del mantenimiento y la producción considerando su evolución y crecimiento en las últimas décadas, Mora (2009) los ha clasificado en varias etapas las cuales presentan diferentes enfoques.

De esta manera se puede apreciar como las empresas han ido desarrollando el mantenimiento convirtiéndolo en una ventaja competitiva.

### **2.1. Enfoque hacia las acciones de mantenimiento**

Mora (2009) diferencia en dos etapas este enfoque, en la primera etapa, que sucede antes del año 1950, aparecen los instrumentos de mantenimiento. En ese momento se contrata o se entrena el personal de mecánica, electricidad, mecatrónica, neumática, electrónica, etc., con el fin de capacitarlo para llevar a cabo las primeras acciones de mantenimiento, que son de índole correctiva y que procuran corregir la falla o parada imprevista en forma prioritaria.

Así mismo, aparecen los elementos iniciales requeridos para sostener los equipos tales como: órdenes de trabajo, herramientas, utensilios, almacenes de repuestos e insumos de mantenimiento (Rey, 1996; Mora, 2009). También surgen las primeras informaciones que luego constituyen en las bases de datos y luego en el sistema de información.



En general, se dan las bases para que el mantenimiento funcione. Respecto a producción Mora (2009) señala que la prioridad es elaborar productos o generar servicios. Las fallas imprevistas se convierten en el mayor problema ya que impiden el desarrollo normal de la actividad de producción, como consecuencia de esto sucede la aparición de la segunda etapa, en la cual el objetivo principal es solucionar las paradas repentinas de los equipos. Por esto el mantenimiento empieza a desarrollar acciones de prevención o predicción de fallas.

En la segunda etapa que sucede entre los años 1950 y 1959, empiezan a utilizarse técnicas y metodologías propias de las acciones planeadas de mantenimiento y la empresa adquiere el conocimiento y la destreza para diferenciar las acciones propias de mantenimiento, antes y después de la falla. Se inicia la utilización de técnicas y tecnologías propias de la prevención y predicción tales como rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones técnicas, valoración de condición de estado de los equipos. Ensayos no destructivos, registro de datos técnicos, monitoreo de equipos, reposición de elementos antes de que entren en estado de falla. Control de la vida útil de los elementos, medición de la funcionalidad de los dispositivos, análisis de vibraciones, tribología, ajustes de función antes de la falla, etc. Y nace el control operativo de equipos y de sus elementos (Mora, 2009).

Se identifican los equipos, se determinan las tareas para las intervenciones planeadas o programadas (instrucción de mantenimiento). Se definen las recomendaciones de seguridad, se establecen los planes de mantenimiento (programa maestro). Se delimitan y se generan las ordenes de trabajo (OT) programadas (planeadas) y no programadas (no planeadas). Se decide y se implementan los mecanismos de manejo y recolección de datos de una forma sencilla, completa y eficiente, que posteriormente se convierten en el sistema de información. Se relacionan los equipos con los respectivos repuestos específicos y genéricos, a la vez que se concretan los parámetros de subcontratación y administración de proveedores (Mora, 2009).

Puede concluirse que, en las primeras dos etapas el mantenimiento se convierte en un sistema las cuáles las empresas optan por la necesidad de producción. Se desarrollan las acciones no planeadas, que suceden después de una falla (primera etapa); y acciones planeadas, que suceden antes de una falla (segunda etapa). Existe la necesidad de recursos tales como: humanos, herramientas, repuestos, insumos, información, y económico, además

de la interacción de otras áreas, principalmente producción, que de hecho depende de éste y por este existe.

## **2.2. Enfoque hacia la organización táctica de mantenimiento**

La táctica es definida por Mora (2009) como un conjunto de reglas para utilizar tropas en combate. Para el caso de mantenimiento, es el conjunto de reglas para desarrollar actividades de mantenimiento en empresas de servicios o de procesos industriales. Por lo que añade que, una vez que las empresas alcanzan la madurez para el manejo real y conceptual de las acciones posibles de mantenimiento, empiezan a adoptar una estructura para el desarrollo secuencial, lógico y organizado del conjunto de acciones de mantenimiento que aplican.

Este enfoque sucedió entre los años 1960 y 1980, actualmente existen diferentes tácticas que adoptan las empresas con el fin de gestar y operar el mantenimiento bajo un sistema organizado tales como: TPM (mantenimiento productivo total), RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad), PMO (optimización del mantenimiento planeado), WCM (mantenimiento de clase mundial), entre otros (Mora, 2009).

De igual forma Mora (2009) aclara que, las empresas pueden adoptar una táctica propia que reúne las mejores prácticas de varias de ellas o toman una de ellas sin evolucionar en todas. En cuanto a producción, establece que lo importante es maximizar la explotación y combinación de sus factores productivos. En tanto que el mantenimiento se constituye como una unidad independiente de producción, de apoyo logístico a operación y manufactura, dado que es normal que, en las anteriores primera y segunda etapas, aún depende del área operativa en cuanto a nivel jerárquico.

## **2.3. Enfoque estratégico de mantenimiento**

La cuarta etapa conlleva un enfoque integral logístico de creación de una estrategia de mantenimiento, sucede entre los años 1981 y 1995, y está orientado a la competitividad. Se alcanza cuando las empresas desarrollan con suficiencia los niveles anteriores. En esta fase se interesan por medir resultados y pretenden saber qué tan bien hacen su trabajo. Por eso empiezan a establecer sistemas de costeo propios de mantenimiento, como el LCC (costo de ciclo de vida). Implementan el registro histórico de fallas y reparaciones. Se establecen sistemas de medición bajo parámetros propios o internacionales. Y se comparan con otras empresas similares o diferentes para establecer el nivel de éxito logrado tanto en operación

como en mantenimiento y, en general, procuran controlar todas las acciones realizadas (Mora, 2009).

En este nivel, el área de producción pretende mejorar su competitividad y su mantenimiento. Por eso establece las estrategias con las cuales puede llegar a controlar en forma integral y específica todas las actividades, los elementos, las acciones, la táctica y todos los quehaceres de mantenimiento, con lo cual se consolida la función de mantener (Mora, 2009).

Para Ballon (2004) y Árbones (1999) citado por Mora (2009) dice que el resultado de aplicar el conjunto de gestiones y acciones de las etapas anteriores de una forma logística, conduce a la tero tecnología, también conocida como mantenimiento integral logístico, la cual plantea el cuidado integral de la tecnología y su propósito es plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos.

En la ilustración 3 se aprecia lo que conlleva la logística del mantenimiento, y su relación con el TPM, puesto que señala que las acciones antes de falla no solamente son realizadas por los mantenedores, además se nota lo que abarca tero tecnología en un marco general de logística y su diferencia entre la logística operacional y otras derivaciones.

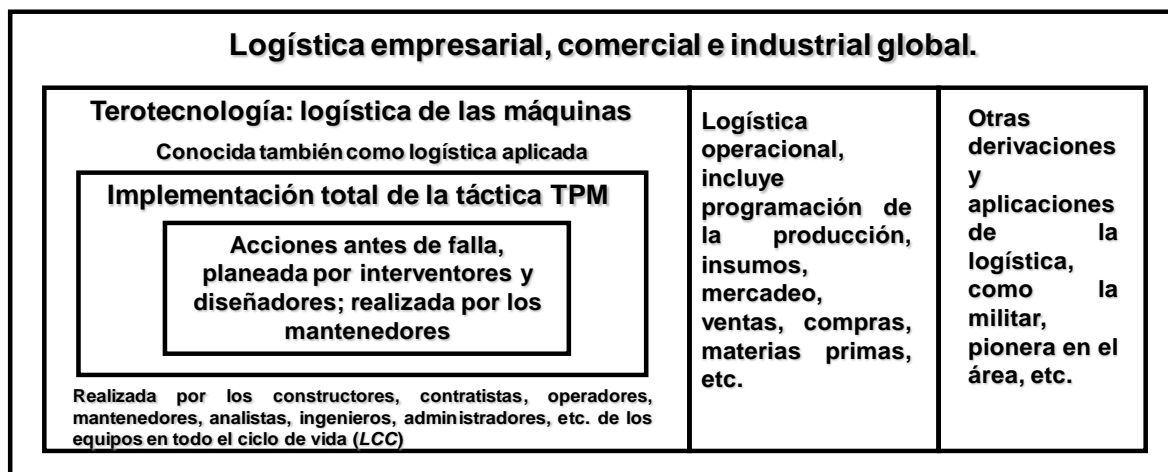


Ilustración 3. Tero tecnología en un marco de logística empresarial.  
Fuente: (Mora, 2009).

En este nivel, se involucran los directivos y todas las demás áreas corporativas de la empresa en un solo objetivo para obtener la mayor eficiencia productiva y la máxima

reducción de costos. En este sistema se establecen metas alcanzables a todas las áreas involucradas, además de detectar las necesidades reales de desarrollo de personal y capacitación, con el fin de que los miembros del área de mantenimiento alcancen niveles adecuados de calificación, para aplicar nuevas tecnologías en procesos de gestión. Además, históricamente se demuestra que las empresas, después de alcanzar la cuarta etapa, regresan a las fases anteriores para profundizar en algún tema especial de cualquiera de los primeros tres niveles (Mora, 2009).

De los enfoques (también denominado niveles) mencionados anteriormente, se deduce de la necesidad de la gestión del mantenimiento para desarrollar avanzadas y mejores prácticas, de manera que pueda conseguirse la excelencia, por lo general las empresas de clase mundial o de países desarrollados han logrado alcanzar niveles avanzados, esto también gracias a la filosofía de la mejora continua.

#### **2.4. Enfoque hacia las habilidades y competencias de mantenimiento**

Sucede entre los años 1996 y 2003. Esta etapa se caracteriza por procurar el desarrollo de habilidades y competencias en todo su personal, y también profundizan en alguna de las etapas anteriores. La empresa se fortalece en el desarrollo de habilidades y competencias en todos o algunos de los temas iniciados en las etapas anteriores, también se logra la consolidación del sistema de información de mantenimiento y producción (Mora, 2009).

También es probable que se realice una estrategia de mantenimiento integral basada en procesos, donde se analizan las actividades, los procesos y el macroproceso de mantenimiento, mediante la implementación de índices e indicadores sobre la calidad, el tiempo y los costos de cada acción de mantenimiento, al identificar el cliente y el demandante de cada tarea. Así mismo se miden parámetros de proceso, donde se establece un control total, detallado e interrelacionado del sistema de mantenimiento en tiempo real con participación de todos los empleados y trabajadores de la empresa. Se aplican herramientas más avanzadas como el Balanced ScoreCard (cuadros de control) aplicado a mantenimiento bajo direccionamiento estratégico, la teoría de restricciones TOC, y de los costos basados en actividad ABC.

En cuanto a producción, éste implementa mejores prácticas que aumenten la productividad, la rentabilidad, la competitividad, la utilización de innovación tecnológica;

todo con base en una producción ajustada a la demanda requerida. Entre esas prácticas, (Sherwin et al, 1995) citado por Mora (2009) menciona: lean production o producción ajustada a la demanda, manejo de inventarios, ABC de inventarios, sistemas de control, justo a tiempo, administración por categorías que es una metodología integral de clientes proveedores y productores, el CPFR (Collaborative Planning Forecasting and Replenishment) que es un proceso colaborativo de todos los actores de la cadena productiva y de servicios que pronostican, planean y se reabastecen en forma integral y mancomunada bajo un proceso de administración conjunta; pronósticos de demanda, business forecasting que es una planeación comercial basada en pronósticos de demanda, sistemas de simulación, etc.

## **2.5. Enfoque hacia la gestión de activos**

Sucede desde el año 2004 y las áreas de mantenimiento y producción empiezan a trabajar en forma conjunta y alineada por encima de cualquier obstáculo propio. En aras de optimizar el bien común que las relaciona, que es la máquina o aparato productivo, deja de verlo como un pasivo que hay que utilizar para producir y mantenerlo para que se pueda utilizar, y pasa a entenderlo como un activo que genera ingresos para la organización. Para ello las organizaciones pasan por las etapas descritas anteriormente, y alcanzan tal grado de conocimiento, experiencia, desarrollo de tecnologías propias y dominio de modernas técnicas de mantenimiento y producción (Mora, 2009).

La noción del mantenimiento como un pasivo radica en que este se ve como una inversión o gasto, además Mora (2009) señala que el ingreso se entiende como el flujo nominal que recibe una empresa o familia, producto de una actividad o comercialización de un bien o servicio, mientras que el gasto es lo que una institución, familia u objeto requiere para ser mantenido. Para no estar ante una actitud pasiva y lograr la gestión de activos se debe disminuir los tiempos de reparación y los de mantenimiento planeado los cuales se manifiestan con una reducción tangible de los tiempos que impiden la función principal de los equipos como los tiempos útiles, lo que a su vez redundará en costos más bajos y menor requerimiento de capital de trabajo. Lo anterior se realiza bajo el enfoque de rediseño de procesos al estudiar en forma detallada las acciones de mantenimiento, o mediante el análisis de los trabajos de mantenimiento

La mejora de los índices CMD (confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad) se alcanza mediante proyectos y en especial, con todos aquellos estudios y acciones que conduzcan al aumento de la disponibilidad y del engrandecimiento del tiempo operacional sin fallas o sin reparaciones. Así mismo, se puede contribuir con el aumento de la mejora de la confiabilidad mediante el incremento de la demanda y del mercado real y potencial, con el fin de aumentar el tiempo útil de funcionamiento al requerir más producción, porque se eliminan inversiones en procesos que no son estratégicos y que no generen utilidades que compensen la inversión de capital, y porque mejora la gestión de inventarios y el manejo de repuestos e insumos para mantenimiento y producción (Mora, 2009).

En tanto Prando (1996) establece que el mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan dentro del contexto de la excelencia gerencial y empresarial. Lo anterior equivale al enfoque de la gestión de activos puesto que el mantenimiento es visto no como una inversión o en el peor caso, como un gasto, sino como una ventaja que genera ahorro, productividad e ingresos cuando se aumenta la producción.

Mediante la clasificación anterior de los enfoques del mantenimiento como una evolución a través del tiempo se puede apreciar el esfuerzo de las empresas por la mejora continua del mantenimiento hasta llevarlo a un punto de excelencia en gestión y control, de tal manera que se pueda concebir el mantenimiento como una gestión de activos que generan riqueza.

### **3. El sistema mantenimiento**

Se ha visto que el mantenimiento no solamente es una actividad de mantener o reparar equipos, sino que es un conjunto de actividades que lo vuelve completo y complejo que es necesario planificar, organizar, y controlar, por lo que es útil comprender el mantenimiento como un sistema o enfoque sistémico integrándolo en una unidad productiva o empresa.

Para Prando (1996) afirma que el mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización industrial cuya función consiste en ajustar, reparar, remplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad/calidad durante un periodo dado. También señala que debe destacarse que el

mantenimiento no es un costo, no se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas o de computación; requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional; implica tenerlo presente desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica o reacondiciona total o parcialmente; además requiere insumos y produce resultados e información. En la ilustración 4 se concentra lo descrito.

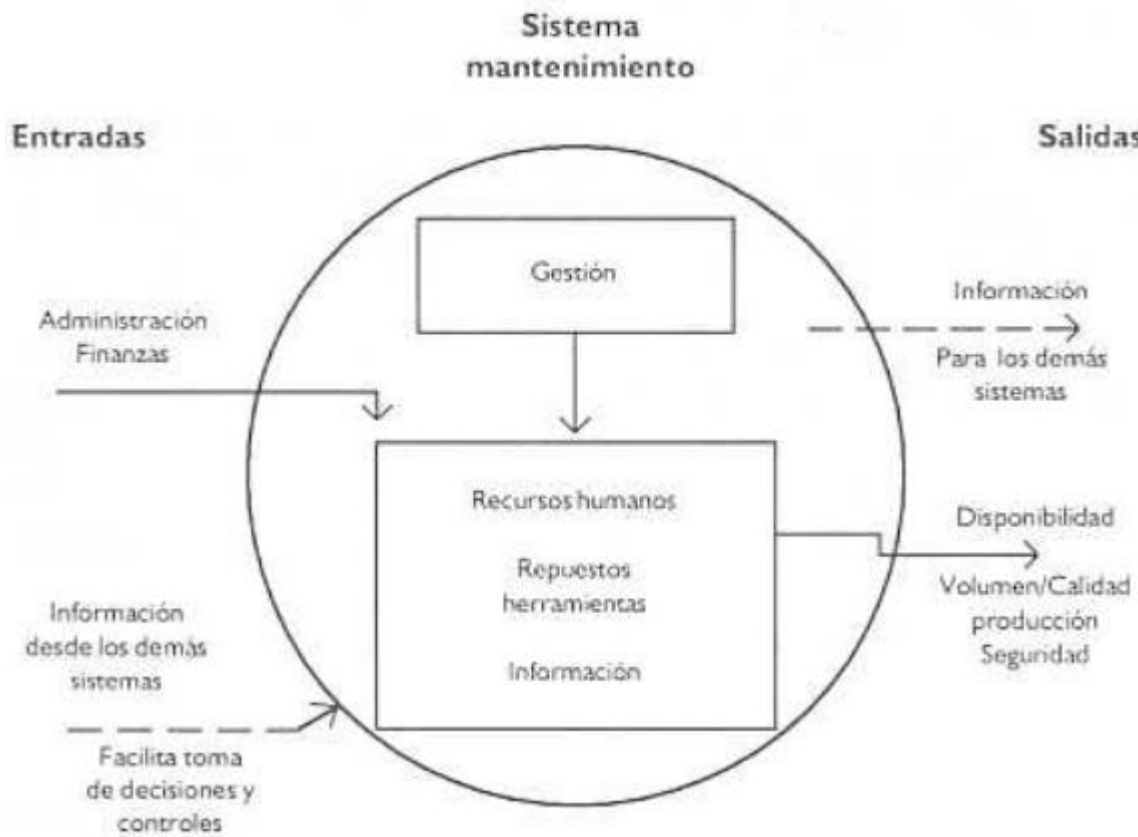


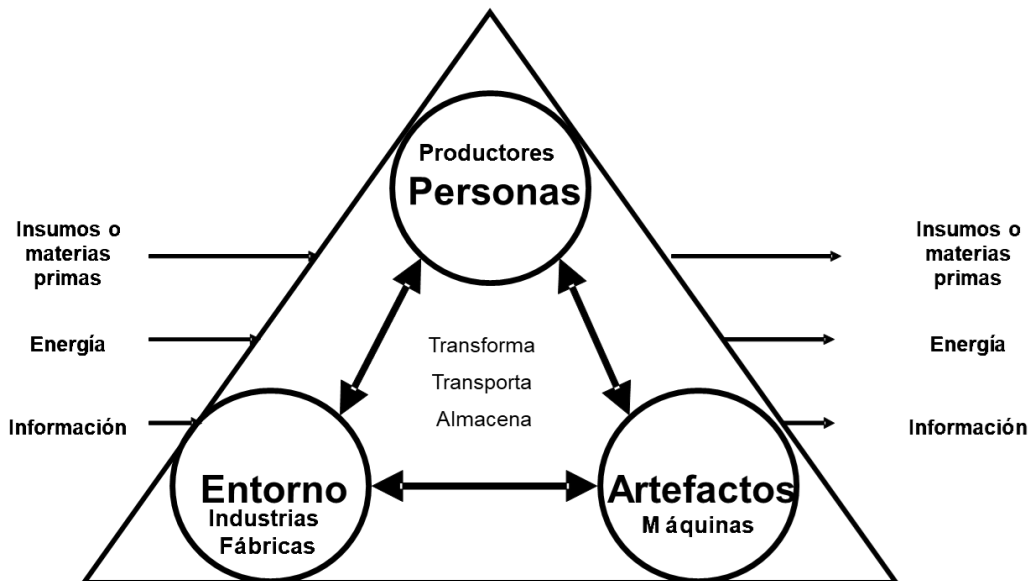
Ilustración 4. Operación del sistema mantenimiento en la empresa.  
Fuente: (Prando, 1996).

A continuación, se detallará acerca de la unidad de la producción y la unidad de mantenimiento de forma sistémica (también llamado sistema kantiano de mantenimiento), para después comprender sus relaciones, sus estructuras y en que se basa cada índice de mantenimiento como el CMD (confiabilidad, mantenibilidad, y disponibilidad).

### 3.1. Unidad de producción y mantenimiento

Una manera de comprender el mantenimiento es mediante el enfoque sistémico kantiano, en la cual según Mora (2009) dice que plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que un sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno.

En cuanto a producción, Mora (2009) dice que la función propia de un sistema de producción es lograr la agregación de valor a partir de tres acciones básicas: transformación, transporte o almacenamiento; las cuales pueden estar presentes en forma combinada, es difícil encontrarlas puras en los procesos industriales.



*Ilustración 5 Unidad básica de producción.  
Fuente: (Mora, 2009).*

En la ilustración 5 se puede apreciar las entradas, procesos y salidas de la unidad de producción, considerando los tres elementos de un sistema. Las actividades de producción consisten en transformar, transportar y almacenar, en donde la combinación de estas origina los diferentes procesos necesarios para producir un producto o servicio. Lo anterior es también conocido como sistema de agregación de valor, tal como es manifestado en la siguiente ilustración.



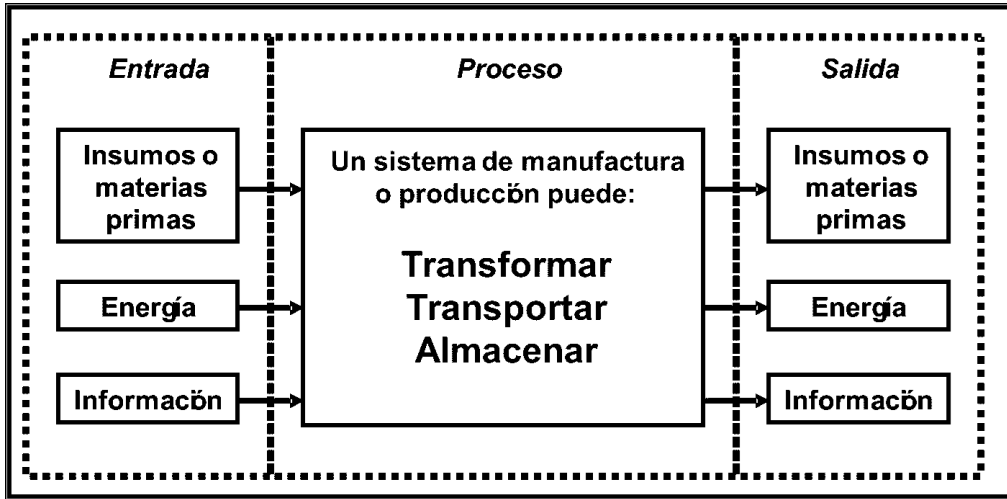


Ilustración 6 Sistema de agregación de valor fabril, empresarial o de servicios.  
Fuente: (Mora, 2009).

En cuanto a mantenimiento Mora (2009) establece que en el enfoque sistémico parece admitir el reconocimiento de tres elementos fundamentales: mantenedores (Personas), máquinas o equipos industriales o de operación (Artefactos) y sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento (Entorno).

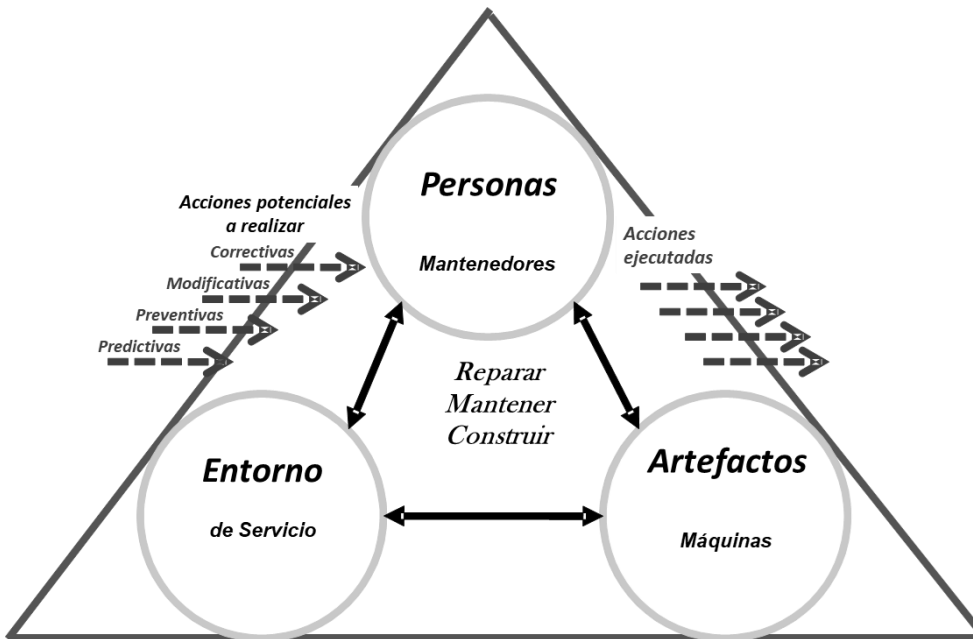


Ilustración 7 Unidad elemental de mantenimiento.  
Fuente: (Mora, 2009)

En la ilustración anterior se observan las entradas, proceso (reparar, mantener y construir) y las salidas de la unidad de mantenimiento.

### 3.2. Sistema integral de mantenimiento.

El enfoque sistémico kantiano de mantenimiento, que se define como ingeniería de fábricas, establece que la relación entre los tres elementos es permanente o cerrada entre máquinas y los otros dos partícipes (mantenimiento y operación), siendo abierta entre estas dos, de tal forma que las mejores prácticas indican que la relación entre mantenimiento y producción debe hacerse a través de los equipos y no en forma directa ya que, carece de sentido si no se habla de máquinas y de su comportamiento en el tiempo frente a sus fallas y a su disponibilidad (Mora, 2009).

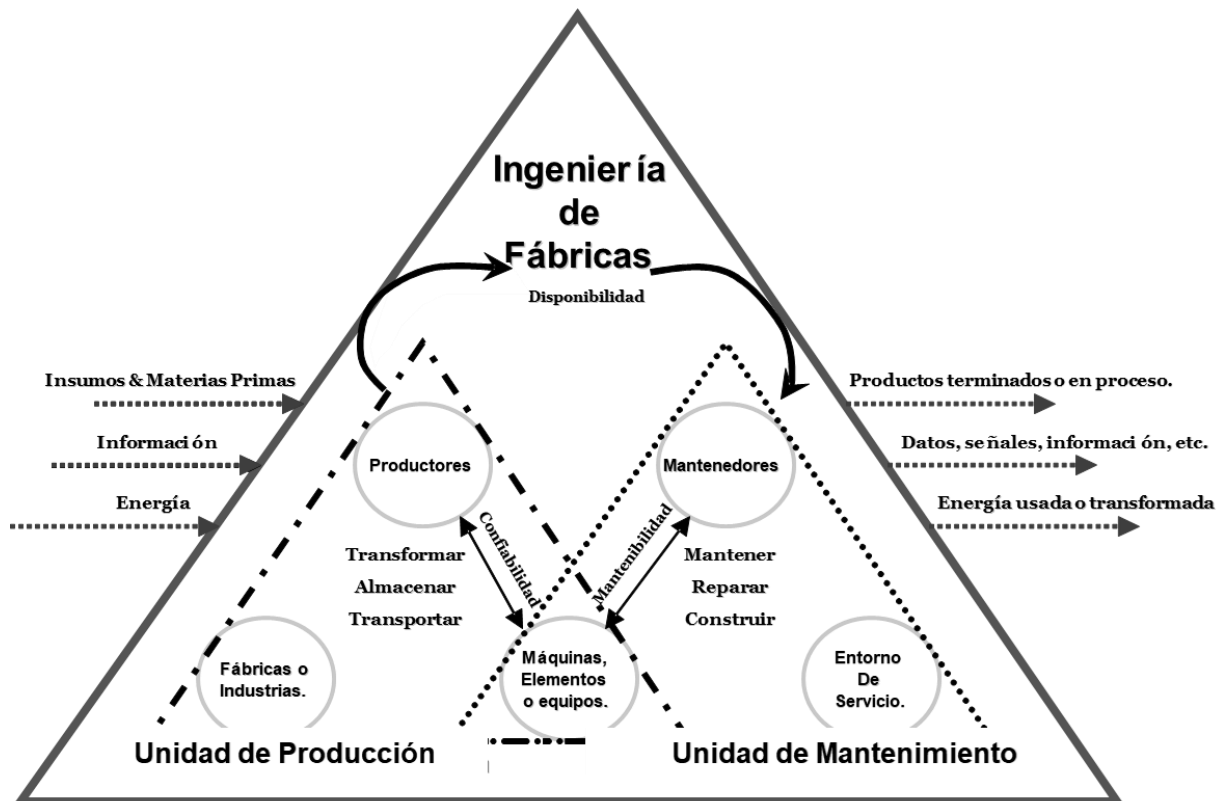


Ilustración 8 Sistema integral de mantenimiento y operación.  
Fuente: (Mora, 2009).

En la ilustración 8 se nota el concepto de ingeniería de fábricas como el sistema integral entre mantenimiento y producción, y su relación que son las máquinas. Así mismo se observa que el término confiabilidad tiene relación entre los productores de la unidad de producción y las máquinas, mientras que el término mantenibilidad tiene relación con los mantenedores de la unidad de mantenimiento y las máquinas y que el término disponibilidad está en relación indirecta entre las unidades de producción y mantenimiento.

### **3.3. El CMD: Confiabilidad – Mantenibilidad – Disponibilidad**

Los elementos mantenimiento, producción y máquinas se relacionan entre sí a partir de premisas y normas de aceptación universal, así: la relación entre productores (producción) y máquinas la establecen los principios de la confiabilidad; la relación entre mantenedores (mantenimiento) y máquinas se define por las reglas de la mantenibilidad; la relación entre mantenedores y productores se da por una relación indirecta a través de los equipos y está gobernada por los cánones de la disponibilidad. Esta última relación muestra que cuando las conversaciones entre producción y mantenimiento son sobre las máquinas puede ser mucho más fluida que cuando se da en forma directa entre los dos departamentos sobre otros temas que no se refieren a CMD. De aquí que en ocasiones existen conflictos directos entre las dos áreas, lo cual muestra que siempre y cuando las conversaciones se den en términos de equipos y de sus comportamientos, la relación es más sencilla y eficaz (Mora, 2009).

La confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que tiene el mantenimiento para su análisis, y su evaluación integral y específica. Por medio del CMD es como se pueden planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y la operación del mantenimiento (Mora, 2009).

Entre las ventajas del estudio científico y matemático del CMD, resalta que pretende buscar una metodología adecuada para medirlas y evaluarlas eficazmente, con el fin de brindar una herramienta fácil de usar para controlar la gestión y la operación integral del mantenimiento, a la vez que permite predecir el comportamiento futuro de corto plazo de los equipos, en cuanto a fallas, reparaciones, tiempos útiles, etc. (Mora, 2009).

#### **3.3.1. Confiabilidad**

Para Amendola (s.f.) la confiabilidad es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, se obtiene información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo.

Por otro lado, Prando (1996) dice que la confiabilidad es la característica de un equipo, instalación o línea de fabricación que se mide por el tiempo promedio en que puede operar entre fallas consecutivas.

Según ESReDa (1998) citado por Mora (2009) establece que la medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo.

Para Mora (2009) establece que la definición de confiabilidad muestra que existen cuatro características que determinan su estructura: probabilidad, desempeño satisfactorio, período y condiciones específicas.

La probabilidad es característico en la confiabilidad. Blanchard et al (1994) citado por Mora (2009) dice que las mediciones se hacen en términos de probabilidad, la cual se define en forma clásica, como el resultado de dividir el número de veces de los casos estudiados (intentos o eventos, favorables o no) entre el número total posible de casos (intentos o eventos); en la medida en que la cantidad de intentos o casos posibles sea mayor, la probabilidad se vuelve más exacta y cercana al valor real. Por ejemplo, la probabilidad de un desempeño eficaz durante 80 horas de 0,75 (o 75%), indica que el equipo funciona satisfactoriamente 75 veces de cada 100 ensayos, durante al menos 80 horas.

Por otra parte, Leemis (1995) citado por (Mora, 2009) afirma que el desempeño satisfactorio implica conocer cuándo el equipo falla y ya no se desempeña satisfactoriamente. Para un automóvil, por ejemplo, un adecuado nivel de satisfacción consiste en que se pueda desplazar; si es así, el auto se desempeña satisfactoriamente, aun si su radio se daña o ciertas luces no funcionan.

El periodo es la variable aleatoria de la definición de confiabilidad y se refiere a la duración del funcionamiento o longitud de vida; no necesariamente tiene que ser dado en horas, días, meses o años; de acuerdo con el sistema el tiempo se puede medir con un reloj, el tiempo exacto de operación, el número de ciclos de operación o incluso en otras medidas como kilómetros recorridos, como es el caso de las llantas de un automóvil (Ebeling, 2005; Ramakumar, 1996; Mora, 2009).

Mientras que, las condiciones específicas o de operación, son las circunstancias en las que se espera que el equipo funcione y constituyen el cuarto elemento relevante de la definición básica de confiabilidad; incluyen factores como ubicación geográfica donde se espera que el

equipo opere, el medio ambiente, vibraciones, transporte, almacenamiento, empaque, cantidad de la carga, etc. (Ramakumar, 1996; Mora, 2009).

Los tiempos de operación sin fallas, y los períodos invertidos en reparaciones se pueden analizar de varias formas, una de las cuales es mediante el uso de distribuciones ya estandarizadas que emulen su comportamiento en el tiempo, y también por métodos puntuales (Mora, 2009).

Por ejemplo, la función de confiabilidad puede realizarse mediante distribución de Weibull, verificando que los datos se ajustan a la distribución mediante pruebas de bondad de ajustes. Se encuentran los parámetros de la función como el eta y beta mediante un tratamiento de los datos históricos de tiempos de operación entre mantenimientos.

### **3.3.2. Mantenibilidad**

La mantenibilidad es el tiempo promedio requerido para mejorar la falla ocurrida, está influenciada por el diseño del equipo y el modo en que se encuentre instalado (Prando, 1996).

Se denomina mantenibilidad a la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica realizar unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción (Mora, 2009).

La mantenibilidad se asocia a la facilidad con que un elemento o dispositivo se puede restaurar a sus condiciones de funcionalidad establecidas, lo cual implica tener en cuenta todas las características y hechos previos ocurridos antes de alcanzar ese estado de normalidad, tales como: diseño, montaje, operación, habilidades de los operarios, las modificaciones realizadas, las reparaciones anteriores, la capacidad de operación, la confiabilidad, los mantenimientos realizados a lo largo y ancho de la vida útil del equipo, el entorno, la legislación pertinente, la calidad de los repuestos, la limpieza, el impacto ambiental que genera, etc., que influyen directamente en el grado de mantenibilidad de un equipo (Mora, 2009).

En general, la forma más clara de medir la mantenibilidad es en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de

mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de funcionalidad y normalidad (Mora, 2009).

La mantenibilidad también es una función de probabilidad que determina la probabilidad de que una máquina se deje mantener por cierto tiempo.

### **3.3.3. Disponibilidad**

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. (Amendola, s.f.).

Para Prando (1996) la disponibilidad es aquella característica de un equipo, instalación, línea de fabricación que expresa su habilidad para operar sin problemas. Depende de los atributos del sistema técnico y de la eficiencia y eficacia de la gestión del mantenimiento.

Como disponibilidad se define la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico (Mora, 2009).

En síntesis, hasta el momento se puede afirmar que la confiabilidad permite establecer y medir cómo actúa el área de producción en la administración y explotación de los equipos para generar bienes y servicios y, por otro lado, la mantenibilidad evalúa la gestión y la operación del mantenimiento que se realiza a esos elementos o máquinas. La disponibilidad es el adjetivo calificativo integral de las dos áreas (producción y mantenimiento, actuando conjuntamente), como de otras divisiones de la empresa; mide la obtención de productos y bienes intangibles de la empresa en general. La confiabilidad es responsabilidad de producción, la mantenibilidad es compromiso de mantenimiento y la disponibilidad es encargo de la gerencia o dirección que está por encima de ambas y que abarca probablemente otras áreas de la compañía (Mora, 2009).

Entre los tipos de disponibilidad se encuentran (Mora, 2009):

- Disponibilidad Genérica: Sirve para organizaciones que no predicen ni manejan CMD; la información de que se dispone sólo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo). Es muy adecuada para inicializar pruebas piloto en las empresas. Utiliza parámetros UT (Tiempo medio de operación) y DT (Tiempo medio de fallas).
- Disponibilidad inherente: Es muy útil cuando se trata de controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos). Sólo contempla su posible uso cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los DT y los tiempos de retraso o demora administrativos o físicos son mínimos o tienden a cero (al igual las otras tres disponibilidades que siguen: alcanzada, operacional y operacional generalizada). Sus parámetros son MTBF (Tiempo medio de operación entre fallas) y MTTR (tiempo medio de mantenimientos no planeados).
- Disponibilidad alcanzada: Es excelente cuando se busca controlar las tareas planeadas de mantenimiento (tareas proactivas: preventivas o predictivas) y las correctivas por separado; no le interesan los tiempos de espera (demora), ni los registra obligatoriamente. Es muy rigurosa en el manejo y la especificación de la información y de los datos, y requiere un manejo detallado y preciso. Usa como parámetros de cálculo, MTBM (tiempo medio de operación), MTBMc (tiempo medio de operación entre fallas), MTBMp (tiempo medio de operación entre mantenimientos planeados), MTTR (tiempo medio de mantenimientos no planeados), Mp (tiempo medio de mantenimientos planeados), M (tiempo de medio de mantenimientos).
- Disponibilidad operacional: Es adecuada cuando se requiere vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos; trabaja con las actividades planeadas y no planeadas de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa, exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior (alcanzada) más los correspondientes a demoras: ADT (demoras administrativas), LDT' (suma de ADT y LDT) y LDT (demoras logísticas).

### **3.3.4. Importancia del CMD**

Consiste en poder predecir el comportamiento futuro de los equipos, en cuanto a saber sobre: las fallas o las reparaciones (tiempos y fechas de ocurrencia), los tiempos útiles (duración y días en que ocurrirán), los mantenimientos planeados (para su programación en tiempos y frecuencias) y demás actividades alusivas a la planeación de las máquinas, en aras de poder establecer planes concretos de operación y efectividad (Mora, 2009).

### **3.3.5. Métodos de predicción CMD**

- Puntual: Se basa en el establecimiento de promedios de cada uno de los parámetros de fallas, reparaciones, tiempos útiles y demás variables a calcular, su utilización es muy simple y adecuada para personas o empresas que en su vida no han practicado con este tipo de previsiones de parámetros CMD. Sus resultados no son muy aceptables, pero es muy útil para aprender a dominar los algoritmos de cálculo de cada una de las diferentes opciones de disponibilidad (Mora, 2009).
- Distribuciones: Utiliza los mismos conceptos de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad del modelo puntual anterior, pero en vez de utilizar promedio de los valores de tiempos útiles, de fallas, de mantenimientos planeados, de demoras, utiliza diferentes distribuciones que modelan mucho mejor que un simple el comportamiento de las variables CMD en el tiempo y de sus parámetros. En general es un buen procedimiento aplicable tanto a elementos o máquinas reparables o no; aunque algunos autores no lo recomiendan para artefactos reparables; pero en general tiene muy buena aceptación mundial (Mora, 2009).



### 3.3.6. Tiempos y siglas CMD

En la siguiente imagen se ilustra los conceptos vistos de los tiempos para la aplicación del CMD.

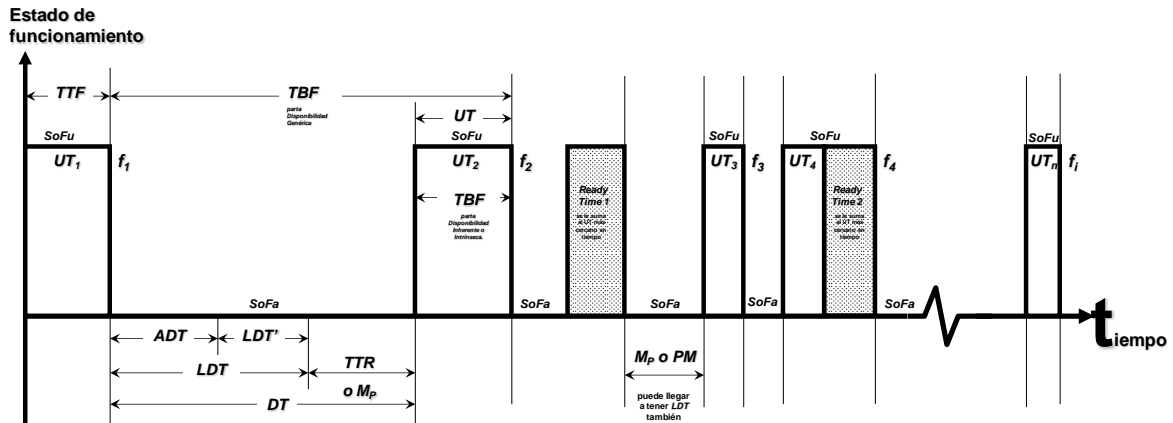


Ilustración 9. Siglas CMD.  
Fuente: (Mora, 2009).

Donde:

$TTF$  (Time To Failure) = Tiempo hasta fallar.

$f_i$  = Falla  $i$ -ésima.

$n$  = números de fallas ocurridas en el tiempo que se revisa, desde  $f_1$  hasta  $f_n$ .

$TTR$  (Time To Repair) = Tiempo que demora la reparación neta, sin incluir demoras ni tiempos logísticos, ni tiempos invertidos en suministros de repuestos o recursos humanos.

$MTTR$  (Mean Time To Repair) = Tiempo medio para reparar =  $\sum TTR/n$ .

$TBF$  (Time Between Failures) = Tiempo entre fallas.

$m$  = número de eventos de tiempos útiles que ocurren durante el periodo que se evalúa.

$MTBF$  (Mean Time Between Failures) = Tiempo medio entre fallas =  $\sum TBF/m$ .

$UT$  (Up Time) = Tiempo útil en que el equipo funciona correctamente.

$MUT$  (Mean Up Time) = Tiempo medio de funcionamiento entre fallas =  $\sum UT/m$ .

$DT$  (Down Time) = Tiempo no operativo.

MDT (Mean Down Time) = Tiempo medio de indisponibilidad o no funcionamiento entre fallas =  $\sum DT/n$ .

ADT (Administrative Delay Time) = retrasos administrativos exógenos a la actividad propia de reparación, diferentes al tiempo activo neto de reparación, ejemplo de estos son: suministro de personal especializado, entrenamiento de recursos humanos requeridos para esa reparación, revisión de manuales de mantenimiento u operación, localización de herramientas, cumplimiento de procesos y/o procedimientos internos, etc.

LDT' (Logistics Delay Time) = retrasos logísticos de obtención de insumos para la reparación, en los procesos de mantenimiento o de producción, en los tiempos de suministros, etc. Como por ejemplo el tiempo requerido para el transporte de repuestos, o el tiempo que hay que esperar a que se construya un repuesto especial por parte de los fabricantes, etc.

LDT (Logistics Down Time) = ADT + LDT' = tiempo total logístico que demora la acción propia de reparación o mantenimiento. Son todos los tiempos exógenos al equipo que retrasan el tiempo activo

MLDT (Mean Logistics Down Time) = Tiempo medio de tiempos logísticos de demora.

SoFa (State of Failure) = Estado de falla, el equipo no funciona correctamente.

SoFu (State of Functioning) = Estado de funcionamiento correcto.

Mp (Planned Maintenances) = Mantenimientos planeados, pueden ser preventivos o predictivos.

Ready Time = el equipo o sistema está disponible, opera, pero no produce, no está en carga operativa; funciona, pero no produce.

### **3.3.7. Curva de la bañera**

Mediante la distribución Weibull, El parámetro Beta permite a la distribución de Weibull tomar diversas formas: cuando  $\beta$  es inferior a 1 se le denomina a esta fase como de mortalidad infantil (tasa de falla decreciente); cuando toma valores cercanos a uno se describe la fase con el nombre de vida útil (tasa de falla constante y aleatoria), y en el evento del  $\beta$  tomar valores mayores de 1, se conoce la fase como de envejecimiento o de desgaste<sup>3</sup> (tasa de falla creciente) (Díaz, 1992; Mora, 2009).

El indicador de confiabilidad Beta es una medida de dispersión del comportamiento de las fallas y es inverso a la duración promedio de ellas. En la fase I de la curva de Davies aparecen fallas minúsculas e intensas en tiempo, son impredecibles y de comportamiento atípico. En la fase II ya se empieza a tener cierto control sobre las fallas imprevistas y empiezan a estabilizarse en tiempo de duración. Normalmente, en la fase II las fallas intempestivas y desconocidas desaparecen. En la etapa I de la fase III ya las fallas se vuelven muy similares en tiempo y se conocen con antelación. En la zona II de la fase III la duración de las fallas tiende a estabilizarse. Y en la sección III de la fase III ocurren fallas totalmente predecibles y sus tiempos de duración se normalizan totalmente (Mora, 2009).

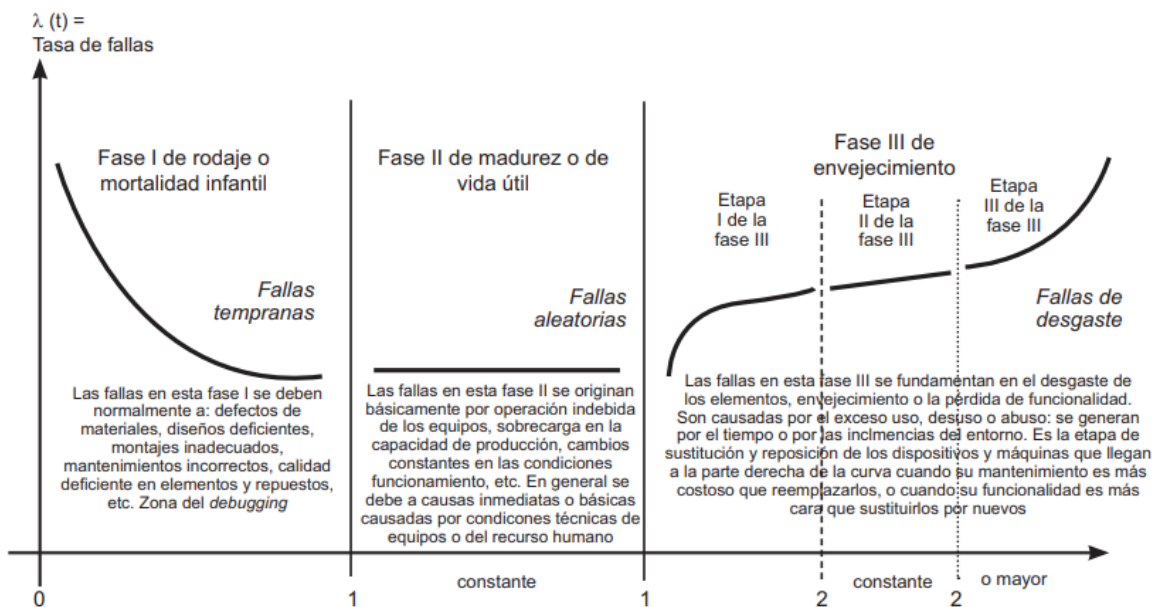
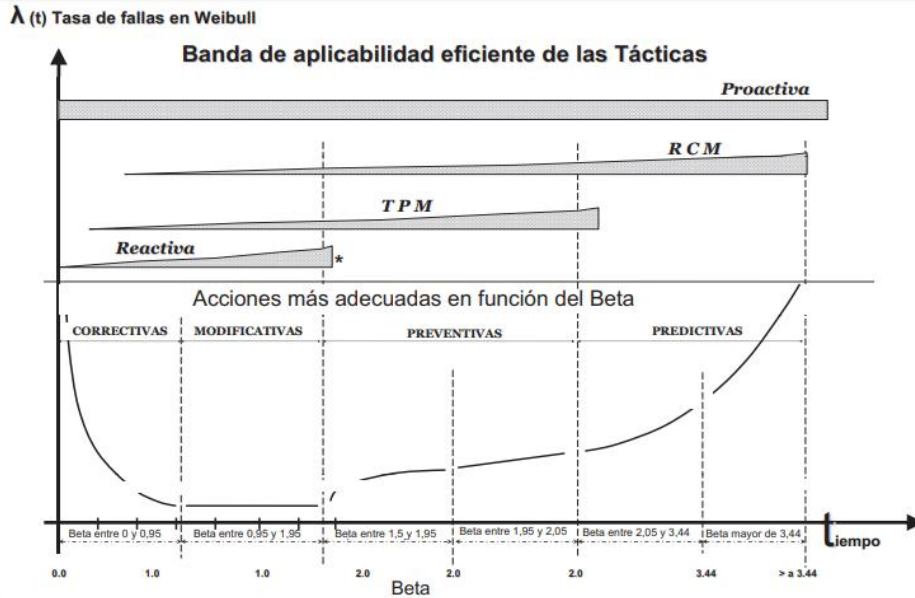


Ilustración 10. Curva de la bañera. Tasa de fallas de acuerdo al parámetro beta de función Weibull. Fuente: (Mora, 2009).

Es decir, por medio de un conjunto de datos de fallas (tiempos de operación entre fallas) es posible modelarlo en la distribución Weibull de manera que con el parámetro beta se ubique en que parte de la curva de la bañera se encuentra una máquina.

Según Mora (2009), dice que dependiendo en qué parte de la curva se encuentre una máquina, es posible determinar la táctica de mantenimiento, tal como se muestra a continuación.



Denota que la línea a medida que se vuelve más gruesa a la aplicación de la táctica es más eficiente, ya que se acomoda más a las características de las fallas y de su tasa.

Ilustración 11. Táctica a establecer según indicador beta.  
Fuente: (Mora, 2009).

### 3.3.8. Aplicación del CMD

Los valores que se hallan de MTBMc, MTBMp, MTBM, MTTR, MP y M' permiten construir el futuro cercano y ver qué ocurre con el componente analizado. Se recomienda estimar hasta un 10% del tiempo evaluado y calculado, como máximo. Se logra estimar el futuro cercano simulado con base en los tiempos entre reparaciones y mantenimientos obtenidos (Mora, 2009).

La gran ventaja de poseer el estimado consiste en que todo se puede planear con mayor anticipación y se ahorran grandes sumas de dinero en la preparación de las actividades, por parte de mantenimiento. Para producción es más importante aún, pues se pueden conocer con antelación los tiempos en que tendrá una disponibilidad estimada para realizar su actividad de generar bienes o servicios con el sistema o máquina analizado (Mora, 2009).

Otra aplicación consiste el análisis de las funciones de confiabilidad y mantenibilidad para justificar las tácticas y acciones. Por ejemplo, si es necesario realizar más mantenimientos preventivos, o dejar ocurrencias de fallas y desarrollar un equipo reactivo, implementar tácticas TPM o RCM, todo de acuerdo a las probabilidades de las fallas, mantenibilidad, no confiabilidad, etc.

La evaluación de todos los parámetros calculados en cada uno de los eventos que ocurren, permite identificar las directrices de cada uno de ellos y del sistema o componentes, en general, en el futuro cercano. Para ello se realiza análisis histórico de la evolución de los parámetros y métodos de pronósticos (Mora, 2009).

La aplicación del CMD es una herramienta que permite evaluar y controlar la mantenibilidad, confiabilidad de las máquinas, además de simular y pronosticar eventos futuros, de manera que sea la base para planificar, y proyectar actividades que pueden afectar al corto plazo (nivel operacional), mediano plazo (táctica) o largo plazo (estratégico).

### **3.4. Mantenimiento y gestión**

La gestión de mantenimiento contempla la planeación, la organización, la coordinación, la dirección, la ejecución y el control de todas las actividades inherentes a mantenimiento, con el fin de cumplir su misión (Mora, 2009).

En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento (Mora, 2009).

Para implementar la gestión se requiere establecer una organización que permita gerenciar el sistema de mantenimiento, de tal forma que se pueda tener una planeación detallada global y específica de las rutas y actividades del mantenimiento por realizar. Así mismo utilizar el sistema de información para definir en forma anticipada todos los servicios y los recursos necesarios para la operación del mantenimiento. Instaurar metodologías que permitan el mejoramiento permanente tanto de las actividades como de la gestión. Conformar grupos interactivos de análisis y operación del mantenimiento. Desarrollar sistemas de monitoreo de todas las actividades y del control de la gestión global, incluidos sus costos, con permanentes reportes de indicadores de toda índole. Indudablemente todo esto contribuye a elevar la eficiencia (Lorick y otros, 1998 y González, 2004; Mora, 2009).

El esquema moderno de mantenimiento implica la vinculación de herramientas propias de la gestión. Y el concepto integral se maneja desde la base de utilizar en forma eficaz y eficiente los factores productivos en forma individual y conjunta, para aplicarlos mediante una adecuada gestión de mantenimiento (correctiva, modificativa, preventiva, predictiva o combinación de ellas). Con la definición de metas concretas que se deben lograr en cada una

de las variables importantes de mantenimiento, al utilizar el concepto de servicio al cliente. Para centrar la organización en el desarrollo de habilidades y competencias esenciales en el recurso humano motivado. Para satisfacer los requerimientos del usuario de mantenimiento interno o externo (Mora, 2009).

A continuación, se verán ciertos aspectos que componen el mantenimiento en el marco gerencial.

#### **3.4.1. Organización de la unidad de mantenimiento**

La organización del mantenimiento deberá contemplar la totalidad de actividades bajo su responsabilidad buscando su desempeño, eficaz y al menor costo. Paralelamente debe tenerse presente que, dentro del concepto amplio de la función de mantenimiento, coexisten elementos de gestión (supervisión y control) y operativos (atención a los servicios, ejecución de las intervenciones, etc.) (Prando, 1996).

El diseño de la estructura organizativa debe determinar la responsabilidad, autoridad y el rol de cada persona involucrada; establecer las relaciones verticales y horizontales entre todas las personas; asegurar que el objetivo de mantenimiento ha sido interpretado y extendido por todos; establecer sistemas efectivos de coordinación y comunicación entre las personas. (Prando, 1996).

#### **3.4.2. Administración y control**

Para Prando (1996) comprende los siguientes puntos:

- Disponer de los datos técnicos inherentes a cada uno de los equipos que componen el activo fijo de la empresa y del historial de actualización de los mismos para predecir el tiempo para su reparación.
- Generar los planes de mantenimiento preventivo y predictivos.
- Controlar la ejecución del plan y captar la información generada.
- Analizar técnicamente las revisiones, estudiando el comportamiento de los componentes críticos de los equipos para determinar la probabilidad de las posibles roturas.
- Generar órdenes de trabajo.

- Disponer y procesar la información requerida para controlar la gestión de mantenimiento. La información surge de los documentos (órdenes de trabajo) y comprende tiempos de parada de los equipos, costos de las reparaciones efectuadas, rendimiento de la mano de obra ocupada (propia o contratada), trabajos realizados en talleres propios o contratados, etc.

Así mismo Prando (1996) añade que, ese conjunto de tareas, en su mayoría de naturaleza administrativa, pueden realizarse fácilmente mediante el empleo de sistemas computarizados. Por lo que se requiere que el personal necesario para el desarrollo de estas actividades cuente con nivel de formación administrativo – contable y con conocimientos de manejo computarizado de la información.

#### 4. Niveles del mantenimiento bajo enfoque sistémico

Según Mora (2009) plantea que se puede jerarquizar los diferentes tópicos que maneja el mantenimiento en cuatro niveles o categorías que son: nivel instrumental, nivel operacional, nivel táctico, y nivel estratégico. Esto permite ver el mantenimiento desde un enfoque sistémico e integrado.

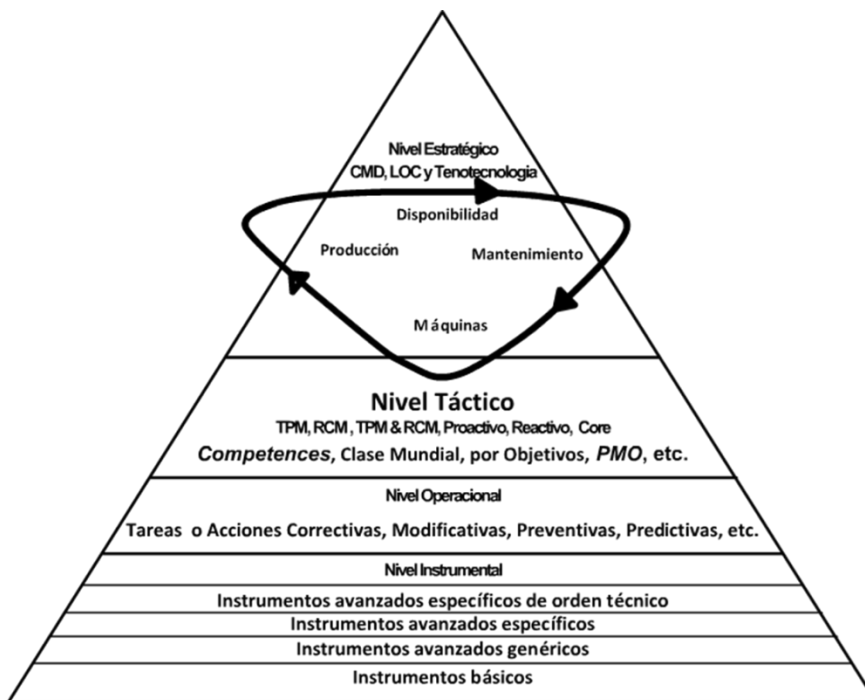


Ilustración 12 Niveles del mantenimiento.  
Fuente: (Mora, 2009).

En la ilustración anterior se presenta en un esquema los niveles del mantenimiento y en qué consisten, a continuación, se explicará cada uno.

#### **4.1. Aspectos del nivel instrumental de mantenimiento**

El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos para que exista mantenimiento en las empresas; procura el manejo sistémico de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre personas, recursos productivos y máquinas. A este grupo pertenecen a todos los registros, documentos, historia, información, codificación, entre otros; en general todo lo que identifica a los equipos, a los recursos de producción y de mantenimiento; la administración de la información y su tratamiento estadístico; la estructura organizacional de los tres elementos descritos de un sistema de mantenimiento. En este nivel también clasifican instrumentos más avanzados como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., y herramientas avanzadas específicas y de orden técnico, como análisis de fallas, manejos de inventarios, pronósticos, etc. (Mora, 2009).

El nivel instrumental comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento, e incluye: información, máquinas, herramientas, repuestos, utensilios, materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, inversiones, inventarios, refacciones, modificaciones, trabajadores, personas, entrenamiento y capacitación de funcionarios, entre otros (Mora, 2009).

Dentro de esta categoría se pueden encontrar diferentes niveles en cuanto a instrumentos: básicos, avanzados genéricos y específicos, como también específicos de orden técnico. En general, se abarcan todos los elementos físicos e intangibles que requieren las personas para realizar las acciones concretas de mantenimiento sobre los elementos o máquinas (Mora, 2009).

##### **4.1.1. Instrumentos básicos**

Los instrumentos básicos, factores productivos de mantenimiento y nivel instrumental, son los factores productivos que se manejan en forma habitual en mantenimiento para llevar a cabo las tareas básicas de mantenimiento, las cuales son mantener la funcionalidad de los equipos que se usan para la producción o para la prestación de los diferentes servicios en la



empresa, ya sea mediante las reparaciones o mediante las tareas proactivas con mantenimientos planeados (Mora, 2009). A continuación, se describirán entre los más importantes.

### **Sistemas de información**

La información es el epicentro de mantenimiento, y es necesaria para determinar todos los signos vitales que ocurren para consolidar una estrategia adecuada de mantenimiento (Mora, 2009).

Entre la información que se debe manejar en tiempo real desde el inicio, sobresalen algunos tópicos, como (Mora, 2009):

- Registro de todos los equipos, partes y componentes, al menos hasta tres niveles.
- Generación y control de todas las órdenes de trabajo.
- Desarrollo de solicitudes de trabajos de mantenimientos tanto por usuarios de producción, como por parte de determinado funcionario de la empresa con rangos de validación.
- Planes de mantenimiento de corto, de mediano y de largo plazos.
- Inventarios y gestión de repuestos e insumos.
- Históricos de consumos, de reparaciones y cambios.
- Solicitudes automáticas de compra, cuando se rompa el inventario mínimo, de cualquier repuesto o insumo.
- Generación de pedidos Push o Pull, cuando así se requieran, de acuerdo con las mejores prácticas internacionales.
- Salarios e historia de todos los empleados y trabajadores del área.
- Costos de todos los recursos de mantenimiento y producción.
- Costos fijos, variables, financieros y de no confiabilidad de todas las órdenes de trabajo y equipos.
- Registros históricos minuto a minuto de operación y mantenimiento de equipos, de tiempos de fallas y reparaciones, de tiempos administrativos y de demora, tiempos de suministros, o de cualquier otro tiempo pertinente para el cálculo del CMD.
- Costos de operación, de sustitución, de alistamiento y de mantenimiento de equipos, entre otros.

- Índices, rendimientos e indicadores propios y/o internacionales de mantenimiento, operación o ingeniería de fábricas, entre otros.
- Fácil comunicación con el sistema central de información, con otro tipo de software de la compañía o de la organización.
- Bases de datos de todos los tópicos señalados.
- Pronósticos de datos, tiempos, repuestos, materias primas o insumos.
- Registro de todos los análisis de fallas, su proceso evolutivo, sus avances y toda la información conexas pertinente.
- Sistemas de cálculo RPN, CMD, TPM, RCM, etc.
- Sistemas de administración, registro, evaluación y gestión de proveedores y de terceros en la operación y gestión de mantenimiento y producción.
- Otros que puedan ser relevantes de la empresa en particular.

Es importante señalar que Mora (2009) establece que, el sistema de información se debe entender como una herramienta de apoyo al sistema logístico de mantenimiento, pero en sí no puede ser el todo, pues es necesario tener un proceso sistémico debidamente organizado en los cuatro niveles y después seleccionar el sistema de información que se va a trabajar para soportar el desarrollo natural de la operación y la gestión de mantenimiento; pero no a la inversa. Es decir, no es recomendable supeditar todo el sistema de mantenimiento y/o producción a las condiciones del sistema de información.

Por otra parte, Prando (1996) señala que, un sistema de información no es un requisito indispensable para lograr una buena gestión, su implementación la facilita y simplifica en grado en que se considera muy recomendable estudiar la incorporación al área de mantenimiento un sistema asistido por computadora.

Para su adopción, sus características básicas tienen que ser las siguientes (Prando, 1996):

- Facilitar la actualización periódica y sencilla de sus datos e informaciones.
- Preverse la integración con otros sistemas informáticos que operen otros departamentos de la empresa.
- Disponer de una estructura modular y flexible para facilitar su implementación y responder a las necesidades particulares de cada empresa.

Básicamente, un sistema informatizado de mantenimiento tiene que disponer de los siguientes módulos (Prando, 1996):

- Parque de equipos; incluye sus datos técnicos e historial.
- Asistencia en las tareas a realizar; los principales ítems a considerar son órdenes de trabajo, su cumplimiento, pedido de repuestos, cargos de mano de obra (propia o contratada), y cargos de contratos acordados con terceros (talleres externos, por ejemplo).
- Mantenimiento programado; comprende las tareas a realizar periódicamente en base a horas operación, inspecciones, reserva de repuestos, programas de mantenimiento, ingreso de datos y reprogramación.
- Control de gestión: incluye programa de paradas, estadísticas, control de costos y de gestión.

Aunque si bien, parece que la gestión del mantenimiento asistido por computadora tiene su grado de complejidad por todas las opciones y profundidad de información, ésta debe ser ajustado a la medida de la empresa, puesto que está relacionado con las acciones físicas del mantenimiento y las transforma en información.

Considerando lo anterior, Lucía (1990) dice que todo diseño organizativo, así como su informatización deben constituir un sistema coherente de información que permita la toma, en el momento adecuado, de las decisiones convenientes que permitan alcanzar el objetivo pretendido. Este condicionamiento es a todas luces lógico y obvio y sin embargo es frecuentemente vulnerado a la hora de diseñar e informatizar sistemas. El diseño de cualquier sistema de información debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Los datos no constituyen en sí mismos información. Son sólo la materia prima para una información útil.
- El exceso de información suele conducir a no prestar atención a la información realmente útil.
- En general la mayor parte de los problemas a resolver proceden de una parte muy pequeña de los hechos que se producen en la empresa y esto también es válido en mantenimiento.

- Aunque un dato sea necesario para múltiples finalidades, su captura debe ser única, en la medida posible.
- La información no está destinada en el ámbito directivo solamente.
- Cada nivel de decisión, incluidos los más bajos niveles, debe tener acceso al nivel de información compatible con su responsabilidad de decisión.
- La información innecesaria para la toma de decisiones se convierte en fósil nada más nacer.
- La información útil, retrasada en aras de su perfección, queda degradada para su finalidad pretendida.

### **Recursos Humanos**

El personal operativo y administrativo es la piedra angular de mantenimiento, ya que como tal en el enfoque kantiano es uno de los tres elementos básicos del sistema de mantenimiento – máquina - producción y está presente en ambas unidades (Mora, 2009).

Entre algunos de los aspectos relevantes que se han de tener en cuenta en el factor humano se destacan (Mora, 2009):

- Búsqueda en escuelas, universidades, centros técnicos, etc., y sitios especializados.
- Selección.
- Entrenamiento.
- Crecimiento personal.
- Formación para labores específicas correctivas o planeadas.
- Adquisición de habilidades para formar parte de grupos reactivos, caza fallas o proactivos.
- Remuneración.
- Subcontratación.
- Liderazgo.
- Adiestramiento en una táctica en particular: TPM, RCM.
- Análisis e interpretación de indicadores y resultados.

En especial, es importante resaltar que cada uno de los pasos es fundamental dependiendo de la estrategia, la táctica y las acciones planeadas o no que se deseen en la empresa. Lo ideal

es el proceso inverso, el cual consiste en definir los niveles superiores estratégico, táctico y operativo. Y dependiendo de esto, entonces sí empezar a desarrollar una serie de tareas coordinadas con el personal en los aspectos relevantes enunciados anteriormente, pero siempre a la luz de lo definido en la planeación integral (Mora, 2009).

### **Herramientas, repuestos e insumos**

Todos éstos son los elementos básicos para llevar a cabo las tareas correctivas o proactivas de mantenimiento que deben acomodarse a la estrategia y a la táctica seleccionadas. Su manejo debe ser coherente con la política general de gestión y manejo de inventarios. En los insumos y repuestos debe haber un grado de desarrollo avanzado, antes de emprender la realización de procedimientos de mantenimientos planeados y en especial, en forma previa a la implementación de la táctica que se desea utilizar (Mora, 2009).

Los costos asociados a repuestos e insumos son un rubro importante dentro de la inversión y de los gastos habituales de mantenimiento. Se considera que las empresas que desarrollan políticas de manejo de inventarios pueden alcanzar ahorros superiores al treinta por ciento mensual en el capital destinado a ello (Mora, 2009).

#### **4.1.2. Instrumentos avanzados de mantenimiento**

Son las herramientas especiales utilizadas en forma habitual en mantenimiento para mejorar las técnicas de manejo de los instrumentos básicos. Para la presentación, se clasifican los instrumentos avanzados de mantenimiento en dos niveles: unos genéricos de aplicación ilimitada y otros específicos para usos más especiales (Mora, 2009).

#### **Instrumentos genéricos**

Entre los instrumentos genéricos, se destacan: TQC (Control de Calidad Total), TQM (Manejo de la Calidad Total), 5S, y Herramientas estadísticas y SPC (Control estadístico de procesos). Se consideran genéricas porque son herramientas aplicables a todas las operaciones, tácticas y estrategias de mantenimiento, totalmente válidas de usar en cualquiera de los niveles dos, tres y cuatro de mantenimiento. Aunque se asocian normalmente a la táctica TPM no son exclusivas de ésta, pues su aplicación es independiente de la táctica en que se encuentre involucrada la empresa (Wilson y et al, 1993; Mora, 2009).

## **Instrumentos específicos**

A pesar de que el uso de las herramientas avanzadas de que se dispone en mantenimiento puede extenderse a otros campos del conocimiento, es más usual que su aplicación sea específica y concreta en el campo de la ingeniería de fábricas, trátase de mantenimiento, confiabilidad, calidad, producción, ingeniería o de cualquiera de las áreas afines (Mora, 2009).

Se distinguen dos en mantenimiento, uno son los análisis de fallas y la gestión y manejo de inventarios de mantenimiento.

El propósito de la técnica de análisis de los efectos, los modos y las causas de fallas es conocer completamente el equipo, mediante la identificación de los sistemas y de los componentes que lo conforman, el diseño, los procesos, los elementos y los materiales de fabricación, los ensambles y los subensambles parciales. Así como todos los demás aspectos pertinentes que permitan aplicar el análisis integral de fallas (Harris, 1994; Mora, 2009).

### **4.2. Aspectos del nivel operativo de mantenimiento**

El nivel dos de mantenimiento trata sobre las posibles acciones mentales que puede desarrollar el hombre sobre las máquinas, y su ejecución organizada, lógica y coherente que se da en el nivel tres (táctico). Es imprescindible tener en cuenta que se habla de mental, porque sólo el hombre puede diferenciar si la tarea que se realiza es planeada o no. Si es reparación o mantenimiento, si es correctiva, modificativa, preventiva o predictiva, a diferencia del nivel uno de mantenimiento en el que todos los instrumentos o sus aplicaciones son reales, lo mismo que el nivel tres en mantenimiento, ya que en él se diferencian de manera notoria las tácticas entre sí, en contraste con el nivel cuatro o estratégico, en el cual las situaciones que se manejan son indicadores y cifras que sólo son del entendimiento humano. (Mora, 2009).

Como reparaciones se definen las tareas no planeadas de mantenimiento que se realizan después de que sucede la falla. Las hay de dos tipos: correctivas y modificativas; mientras que como mantenimiento se denominan las tareas planeadas que se dan antes de que suceda la avería. Entre éstas aparecen las preventivas y las predictivas, a estas últimas también se les reconoce como tareas proactivas (Moubrey, 2004; Mora, 2009).

#### **4.2.1. Acciones correctivas**

El mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo. Las personas encargadas de reportar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las máquinas o equipos y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento. Exige, para su eficacia, una buena y rápida reacción de la reparación (recursos humanos asignados, herramientas, repuestos, elementos de transporte, etc.). La reparación propiamente dicha es rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha (Navarro, 1997; Mora, 2009).

Existen dos tipos de tareas no planeadas de orden correctivo (Mora, 2009):

- El desvare, que consiste en aplicar una reparación inmediata al equipo para devolverlo a la condición de trabajo u operación, pero no necesariamente a sus condiciones estándar. Se aplica en urgencias donde no se debe paralizar el proceso operativo de bienes y/o servicios.
- Reparación correcta y definitiva, para la cual se tienen experiencias previas similares y se conoce la causa raíz de la falla. Esta reparación devuelve la máquina a sus condiciones estándar de producción y mantenimiento.

#### **4.2.2. Acciones modificativas**

La tarea no planeada, denominada acción modificativa, es una versión superior y desarrollada de las acciones correctivas. Y sucede cuando en forma continua se aplican reparaciones que no surten efecto en la recuperación de la funcionalidad del equipo. Entonces es cuando se da lugar a la aplicación de algunos de los instrumentos básicos o avanzados de mantenimiento, con el fin de determinar la razón primaria de la condición fuera del estándar (Mora, 2009).

Una vez se encuentra la causa raíz del problema, se procede a aplicar políticas de control mediante la realización de modificaciones en el equipo o el sistema, a través de la utilización de conceptos y acciones propias de la ingeniería de diseño. Estos hechos en forma sistémica se reconocen como procesos de acciones modificativas de mantenimiento (Mora, 2009).

#### **4.2.3. Acciones preventivas**

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos. Con el fin de detectar condiciones o estados inadecuados de esos elementos, que pueden ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo (Patton, 1995; Mora, 2009).

La función principal del mantenimiento preventivo es conocer el estado actual de los equipos, mediante los registros de control llevados en cada uno de ellos y en coordinación con el departamento de programación, para realizar la tarea preventiva en el momento más oportuno. Consiste en una serie de actuaciones sistemáticas en las que desmontan las máquinas y se observan para reparar o sustituir los elementos sometidos a desgaste (Mora, 2009).

#### **4.2.4. Acciones predictivas**

El mantenimiento predictivo estudia la evolución temporal de ciertos parámetros para asociarlos a la ocurrencia de fallas, con el fin de determinar en qué período de tiempo esa situación va a generar escenarios fuera de los estándares, para planificar todas las tareas proactivas con tiempo suficiente, para que esa avería no cause consecuencias graves ni genere paradas imprevistas de equipos (Mora, 2009).

La predicción del comportamiento de los parámetros se hace por medio de las ciencias matemáticas, estadísticas, proyectivas, prospectivas, correlacionales, aleatorias, univariantes o multivariantes, etc. Una de sus características más importantes es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando (Mora, 2009).

#### **4.3. Aspectos del nivel táctico de mantenimiento**

La táctica es la forma como las diferentes compañías organizan la ejecución y la administración del mantenimiento de una forma coherente, lógica y sistémica. La implementación de una táctica implica la existencia de normas, leyes, reglas que gobiernan la forma de actuar. Existen diferentes alternativas internacionales de tácticas. Entre ellas



sobresalen: TPM, RCM, TPM y RCM combinados, PMO, proactiva, reactiva, clase mundial, por objetivos, etc., y en especial la propia táctica que cada organización construye a través del tiempo. Se resalta que ninguna táctica es buena, mala o mejor que otra, pues cada una es beneficiosa en la medida en que sea la más adecuada para las circunstancias y el tiempo que viva la empresa donde se implementa (Mora, 2009).

Para que una empresa alcance el nivel tres (táctico) debe manejar con suficiencia la mayoría de los instrumentos básicos, avanzados genéricos y específicos de mantenimiento y debe comprender las diferentes acciones factibles de realizar. En el evento en que desee implementar cualquiera de las tácticas y tenga falencias en el nivel instrumental, es necesario devolverse hasta superar la implementación de las herramientas específicas requeridas para su implementación (Mora, 2009).

#### **4.3.1. Puntos esenciales del mantenimiento total productivo TPM**

TPM es la sigla de "Total Productive Maintenance" (Mantenimiento Productivo Total) y es una técnica desarrollada en el Japón en la década de 1970, como una necesidad de mejorar la calidad de sus productos y servicios. Tiene como concepto básico "la reformulación y la mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y mejora de las personas y de los equipos", con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y el cambio de la postura organizacional (Tavares, 2000).

El TPM es una técnica que promueve un trabajo donde están siempre unidos, según los mismos objetivos: el Hombre, la Máquina y la Empresa (Tavares, 2000).

En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de "producir" y otras de "reparar" cuando hay averías, el TPM aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos (Fernández, 2018).

El mantenimiento productivo total consiste en la implementación de todos los operarios en el mantenimiento. Pero no consiste solo en eso, sino que tiene otras series de objetivos significativos (Fernández, 2018):

- Busca obtener el rendimiento más alto posible. Este se busca tanto en los equipos individuales, como el propio sistema.

- Busca obtener una mayor vida útil tanto en los equipos como en la instalación.
- Quiere obtener la implicación activa de todos los departamentos (ingeniería, producción, mantenimiento).
- Promueve la mejora continua de los equipos con la finalidad de poseer una mayor rentabilidad.
- Debido al conocimiento del operario sobre la máquina, evita fallos y averías, así como una mala producción.
- Posee una mayor seguridad para el operario y para los equipos.

Los aspectos más relevantes del TPM son (Alonso, 2004):

- La formación y el adiestramiento del personal en técnicas de operación y mantenimiento y en técnicas de gestión. La mejora de la formación de los operarios influye no sólo en los resultados de la empresa, sino que aumenta la satisfacción de las personas y el orgullo por el trabajo.
- El Mantenimiento autónomo, realizado por operarios de producción, trata de eliminar las barreras entre producción y mantenimiento, de manera que integren sus esfuerzos hasta llegar a ser las dos caras de una misma moneda.
  - El departamento de producción al estar en contacto más íntimo con los equipos es el que puede evitar el rápido deterioro, eliminando fugas, derrames, obstrucciones y todo lo que se puede detectar con una inspección y limpieza exhaustiva y eliminar con medios simples a su alcance.
  - El departamento de mantenimiento no se limitará a realizar reparaciones, sino que aplicarán técnicas de mantenimiento especializado que aseguren un mantenimiento eficaz que aumente la confianza de los operadores.

#### **4.3.2. Puntos esenciales del mantenimiento enfocado a la confiabilidad RCM**

El RCM se puede definir como un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual (Moubray, 2004; Mora, 2009).

La filosofía del RCM se fundamenta en (Mora, 2009):

- Identificación de los componentes críticos

- Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo
- Chequeo en sitio y en operación del estado corpóreo y funcional de los elementos, mediante revisión y análisis permanentes.

Ésta no es una fórmula matemática. Su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado contexto operacional realizado por un equipo de trabajo multidisciplinario, el cual desarrolla un sistema de gestión de mantenimiento flexible que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la relación costo-beneficio (Jones, 1995; Mora, 2009).

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del mantenimiento para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos, en función de su diseño y de su construcción. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga (Marks, 1997; Mora, 2009).

Los objetivos del RCM son los siguientes (Mora, 2009):

- Eliminar las averías de las máquinas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, con base en el compromiso, por parte de los responsables del mantenimiento, en la eliminación de fallas de máquinas.
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- Permitir a los departamentos de producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada, a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

### **4.3.3. Puntos esenciales del mantenimiento proactivo**

El mantenimiento proactivo es una táctica de mantenimiento dirigida fundamentalmente a la detección y la corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez localizadas las causas que generan el desgaste, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria ya que, de hacerlo, su vida y desempeño se ven reducidos (Mora, 2009).

El proactivo se define como la metodología en la cual el diagnóstico y las tecnologías de orden predictivo son empleados para lograr aumentos significativos de la vida de los equipos y disminuir las tareas de mantenimiento, con el fin de erradicar o de controlar las causas de fallas de las máquinas. Mediante este mantenimiento lo que se busca es la causa raíz de la falla, no sólo el síntoma (Mora, 2009).

El proactivo representa el próximo paso en la evolución hacia un mantenimiento planeado, y dentro de este procedimiento el personal de mantenimiento lleva estadísticas específicas sobre los equipos que se van a monitorear, para cumplir con los requerimientos necesarios (Fitch, 2002; Mora, 2009).

La integración de herramientas del TPM y RCM (que pueden utilizarse individualmente o combinados) se logra mediante la táctica proactiva (Mora, 2009). Conjuntamente con el TPM y el RCM también se utiliza la mayoría de instrumentos básicos (en especial información, recurso humano, tecnología, planeación, etc.) y avanzados genéricos y específicos (particularmente todos los asociados a fallas). También maneja los indicadores CMD, con lo cual se puede deducir que es una táctica integradora de TPM y RCM en el tiempo (Klusman, 1995; Mora 2009).

Los tres pasos para implementar la táctica proactiva, según Tribology Data Handbook, con el fin de lograr el éxito de la aplicación y lograr sus inmensos beneficios, son (Mora, 2009):

- Fijar metas o estándares basados en el análisis de causa raíz de las fallas, ya que, por definición, proactivo implica constante análisis, monitoreo y control de las fallas y de su causa raíz.

- El segundo paso es mantener el control de la causa raíz y conservarla en el tiempo de una manera sostenible.
- El tercer paso es la permanente vigilancia microscópica de los elementos de control de la causa raíz, para mantenerla dentro de las condiciones estándar y evitar de una manera disciplinada que ésta salga de ella.

#### **4.4. Aspectos del nivel estratégico de mantenimiento**

El nivel cuatro de mantenimiento es el que permite medir el grado de éxito alcanzado de todo lo que se realiza en los tres niveles previo bajo el enfoque sistémico kantiano, mediante índices de aceptación mundial y con el uso de metodologías de validez universal que permiten valorar la gestión y la operación integral de mantenimiento en una empresa (Mora, 2009).

##### **4.4.1. Índices de clase mundial o internacionales**

Son llamados "índices clase mundial" aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países (Tavares, 2000). La mayoría de las casas mundiales que tratan el mantenimiento, como SAE, Oreda, Eireda, ESReDa, Aladon, Military Standard, Afnor, British Standard, etc., aceptan tres indicadores básicos: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, como las medidas más estandarizadas que permiten evaluar el grado de gestión y operación por parte de los elementos estructurales de mantenimiento (Mora, 2009).

Indudablemente, los valores CMD son operativos y de mantenimiento, como de gestión integral de una fábrica. En sí mismos no tienen en cuenta los aspectos económicos. Por eso es indispensable relacionar los valores calculados CMD con la inversión en dinero realizada para alcanzarlos. Para ello se utiliza universalmente el concepto de Life Cycle Cost (LCC) y de costos de mantenimiento (Mora, 2009).

El Life Cycle Cost permite valorar la situación económica de la máquina y su viabilidad técnica y financiera a través de su ciclo de vida. Y allí es donde se puede tener un criterio claro de la efectividad lograda con todo lo realizado en los cuatro niveles de mantenimiento (Mora, 2009).

#### 4.4.2. Costos

Se pueden diferenciar 4 tipos de costos en mantenimiento (Mora, 2009):

- **Costos fijos:** Son los que se refieren a todas las acciones planeadas de mantenimiento, e implican los valores que se pagan por usar todos los instrumentos (básicos, avanzados genéricos y específicos como los específicos de orden técnico), que se requieren para llevar a cabo las tareas proactivas. Son fijos porque son independientes del volumen de producción o servicios que se haga, también porque son planeados para períodos de tiempo definidos previamente.
- **Costos variables:** Son los gastos en que se incurre cuando aparecen fallas o reparaciones no planeadas. Todas las acciones correctivas o modificativas no planeadas generan estos costos. Igual que el anterior, sus valores dependen de la mano de obra, repuestos, materiales, instrumentos de mantenimiento, etc., que se usen para hacer las reparaciones o modificaciones a los equipos.
- **Costos financieros:** La inversión que se tenga en repuestos, insumos y/o materias primas de mantenimiento en almacenes, la duplicidad de maquinaria para elevar la confiabilidad (o disponibilidad) y demás valores asociados generan los costos financieros.
- **Costo de la no disponibilidad por fallas:** El valor que implica no poder utilizar una máquina, debido a reparaciones o modificaciones causadas por fallas imprevistas, es el rubro más importante en los costos de mantenimiento; normalmente es superior a los tres anteriores sumados y es al que probablemente menos atención se le presta en las empresas, pero es indudablemente el más relevante de todos.

El control integral se alcanza con el desarrollo de un sistema de costeo, al asociarlo con los niveles de gestión y operación de mantenimiento a partir de los principios de dirección de Fayol, mediante el cual se pueden establecer las cinco funciones básicas en las categorías kantianas de mantenimiento (Mora, 2009).

## Enfoque estratégico, sistémico y kantiano de Mantenimiento

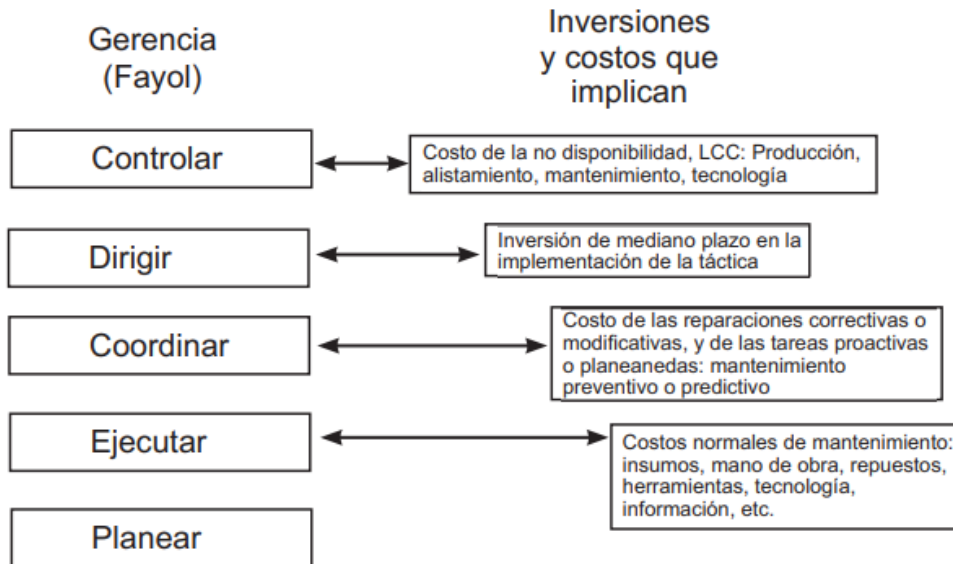


Ilustración 13. Control integral de Fayol y su asociación con costos  
Fuente: (Mora, 2009).

### 4.4.3. Indicadores o KPI

Las diferentes empresas y asociaciones de mantenimiento establecen diversos indicadores de gestión u operación, mediante los cuales ejercen un control muy particular de su manejo empresarial. Por eso es muy lógico encontrar múltiples indicadores que persiguen fines muy particulares de las instituciones que los construyen. La recomendación es la misma, trabajar con indicadores internacionales y de validez mundial, como son el LCC y el CMD. Sin embargo, en ocasiones resulta interesante medir algunos de estos índices en forma particular en las empresas que así lo requieren (González, 2004; Mora, 2009).

Para los indicadores de alta dirección (estratégicos) se tiene (Mora, 2009):

- Indicadores sobre procesos y actividades:
  - Número de intervenciones y duración de ellas.
  - Horas totales trabajadas y el total de trabajos realizados.
  - Número de trabajos pendientes con su valoración en horas.
  - Número de mantenimientos modificativos o de mejoras, sus tiempos, inversión y retornos.
- Indicadores de resultados:

- Objetivos parciales o totales logrados.
- Disponibilidad media de cada máquina o línea de producción.
- Tiempos medios de respuesta a las averías, horas totales de paro por mantenimiento.
- Indicadores de instrumentos de mantenimiento o factores productivos: Se refieren a la información sobre mano de obra empleada, materiales y su costo:
  - Mano de obra propia y subcontratada por órdenes de trabajo realizadas.
  - Costos de materiales por trabajo, movimientos y rotaciones de almacén, repuestos obsoletos e inservibles.
  - Presupuesto contra realidad.

Para los indicadores operativos se tiene (Mora, 2009):

- Indicadores sobre procesos y actividades:
  - Curvas de intervenciones contra tiempo duración.
  - Curvas de intervenciones contra gastos
  - Trabajos pendientes o atrasados.
  - Comparación de trabajos similares.
- Indicadores de resultados:
  - Comparan las acciones contra resultados.
  - Fallas y reparaciones repetitivas.
- Indicadores de factores productivos:
  - Carga de trabajo, órdenes de trabajo en proceso, terminadas y correcciones por trabajador y área.
  - Disponibilidad y confiabilidad de cada equipo comparada en el tiempo.
  - Consumos y gastos de cada trabajo.
  - Materiales comprados y usados frente al número de horas de operación y paro.

Se debe tener especial cuidado en no incorporar muchos indicadores que con el tiempo se pueden convertir en motivo de esclavitud para el analista de mantenimiento, y que probablemente no le presten beneficio alguno. Se deben usar pocos que sean verdaderamente útiles, y revisarlos cada cierto tiempo en cuanto a utilidad y beneficio.



## **5. Conclusión del marco teórico**

El marco teórico se basa en el enfoque sistémico o kantiano la cual logra identificar 4 niveles de gestión del mantenimiento que son: instrumental, operativo, táctico y estratégico. Este enfoque se considera completo e integrador de diversas teorías o información documental respecto al mantenimiento industrial porque incluye elementos como: gestión de equipos, inventarios, carga de trabajo, recursos humanos, gestión, etc. Organizados en los diferentes niveles del sistema kantiano. Además, que es más fácil observar y comprender el mantenimiento desde una perspectiva global, integral y apreciar su relación con producción e importancia en una empresa.

Se puede comprender los elementos necesarios (nivel instrumental) para que exista el mantenimiento tales como: información, recursos humanos, herramientas, repuestos, y que son reales o tangibles. De igual manera se puede comprender las acciones (nivel operativo) y poder diferenciarlas considerando si es planeada o no planeada. También se puede comprender las tácticas (nivel táctico) la cual es el conjunto de elementos del nivel instrumental y operativo, organizados y ejecutados lógicamente. Por último, se comprende el cómo procesando los datos se consigue información que evalúan el mantenimiento, producción y la fábrica en general, tales como los índices mundiales, KPI y costos (nivel estratégico), la cual dan base para tomas de decisiones que afecten al largo plazo.

## **2.2. PREGUNTAS DIRECTRICES**

El estudio no presenta hipótesis por ser de alcance exploratorio y luego descriptivo. Por lo que se plantearon las siguientes preguntas directrices.

¿Cómo es la gestión de mantenimiento que aplica el beneficio seco INROCASA – Las Nubes?

¿Cómo se caracteriza la gestión de mantenimiento del beneficio seco INROCASA – Las Nubes?

¿Qué oportunidades de mejora se pueden encontrar en la gestión de mantenimiento del beneficio seco INROCASA – Las Nubes?

## **CAPITULO III**

### **3.1. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1.1. Ubicación geográfica**

La empresa objeto de estudio está ubicada en el departamento de Matagalpa, comarca de Waswali Abajo. Kilómetro 123 ½ carretera Managua, Matagalpa, del puente Waswali 100 m al norte y 200 m a mano izquierda (ver Anexo 8).

#### **3.1.2. Alcance de la investigación**

La investigación inició como exploratoria debido a que se estudió un caso, que es la gestión del mantenimiento en el beneficio de café Las Nubes - INROCASA. Según Hernández, Fernández, & Baptista (2006) los estudios exploratorios identifican áreas, ambientes, contextos y situaciones de estudio, o establecen el tono de investigaciones posteriores más elaboradas y rigurosas. Lo anterior justifica por qué se inició con un alcance exploratorio, ya que no hubo antecedentes, es decir, no se tuvo un conocimiento previo acerca de la gestión del mantenimiento que aplican en la empresa objeto de estudio.

Luego la investigación finalizó con un alcance descriptivo con el propósito de analizar la gestión del mantenimiento, además de caracterizarlo. Citándose a Hernández, Fernández, & Baptista (2006) establece que, así como los estudios exploratorios sirven fundamentalmente para describir y prefigurar, los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, contexto o situación.

Mediante el alcance descriptivo se pudo formular una propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento según las debilidades encontradas a lo largo del proceso de investigación.

Vale recalcar que debido a que el alcance no es correlacional y explicativo no se formuló hipótesis, sino más bien preguntas directrices.

#### **3.1.3. Enfoque de investigación**

El enfoque de la investigación es considerado mixto con diseño de dos etapas, mediante la modalidad de generación de un tipo de datos con análisis del otro enfoque.

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2006) afirma que este tipo de diseño matiza datos de un tipo de enfoque en otro. Se considera esta modalidad porque primero se incluye

un elemento cuantitativo y luego uno cualitativo o, al contrario. Algunos ejemplos podrían ser los siguientes:

- Cuantificar datos cualitativos: los datos cualitativos son codificados y se les asignan códigos a las categorías. El número de veces que cada código aparece es registrado como dato numérico.
- Cualificar datos cuantitativos: los datos cuantitativos de escalas de intervalo y razón son sometidos a análisis de factores y las dimensiones resultantes (factores) se consideran temas emergentes “cualitativos”.

En el caso del presente estudio, se caracteriza por cuantificar datos cualitativos que son recolectados mediante las técnicas de observación y entrevista. El enfoque mixto de la investigación se justifica por las siguientes razones.

- Por el problema de investigación y los objetivos del estudio, pues contempla el análisis de una variable de carácter sistémico como lo es la gestión del mantenimiento, siendo de gran utilidad aplicar las ventajas del enfoque cualitativo para tener una mejor comprensión.
- Para el cumplimiento del objetivo de propuesta de herramientas para mejora, ya que se basa mejor considerando ambos enfoques, pues los aspectos cuantitativos sirven para enfocar con mayor precisión los puntos débiles y oportunidad mediante una valuación, pero los aspectos cualitativos sirven para considerar aspectos de manera que la propuesta se ajuste a la situación de la empresa.

#### **3.1.4. Variables**

La variable es “la gestión del mantenimiento” donde se define conceptualmente como la forma de planeación, organización y control de todas las actividades inherentes al mantenimiento, con el fin de cumplir su función. En la operacionalización de variables se detalla los indicadores y dimensiones (Véase Anexo 1).

La variable abarca dos dimensiones, la primera es “actividades inherentes al mantenimiento” que se define operacionalmente como todas aquellas operaciones físicas y de gestión de mantenimiento; uno de los objetivos del estudio es describir esas actividades por lo que se midió desde un enfoque cualitativo. La segunda dimensión es “caracterización de la gestión de mantenimiento” que se define operacionalmente como el grado de aplicación

de los niveles del sistema kantiano de mantenimiento; también se midió desde un enfoque cualitativo.

Cada dimensión contiene varios indicadores con diferentes ítems o preguntas para medir apropiadamente la variable. Cabe destacar que los indicadores y dimensiones han sido diseñados considerando el marco teórico.

Los indicadores definidos sirvieron para realizar una hoja de evaluación para matizar los datos cualitativos en datos cuantitativos y valorar la variable objeto de estudio.

### **3.1.5. Universo y muestra**

#### **Unidad de análisis y delimitación de la población**

Son las personas, organizaciones, comunidades, situaciones, eventos, etc. O, dicho de otra manera, el sobre qué o quiénes se van a recolectar datos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

Basado en el problema de investigación y el alcance del estudio, la unidad de análisis corresponde a los trabajadores del beneficio de café INROCASA – Las Nubes, que tienen relación con el sistema (proceso) de mantenimiento. Lo anterior también delimita la población.

#### **Muestra**

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

Considerándose lo anterior, fue necesario elegir los elementos que tengan relación con la gestión de mantenimiento de la empresa, de manera que el tipo de muestreo no probabilístico empleado es por el método de conveniencia.

Las personas elegidas para entrevista fueron: gerente de beneficio, contadora, encargada en sistema de gestión, y operador.

### **3.1.6. Plan de recolección de datos**

Se aplicaron técnicas de entrevista y observación mediante revisión de documentos.

Se diseñó una entrevista semiestructurada (ver Anexo 2) en donde se consideran varias preguntas generales que responden a un indicador. Cada pregunta general contiene información guía para realizar más preguntas que identifiquen, profundicen y comprenda cada punto tratado. Se aplicó a la muestra y el contexto de la aplicación fue en la oficina y lugar de trabajo de los entrevistados, se utilizó grabación de audio y toma de apuntes.

También se utilizó la técnica de observación, tomando apuntes de los hallazgos de los documentos relacionados con mantenimiento, entorno de trabajo y lugares.

### **3.1.7. Plan de análisis de datos**

Se utilizaron los datos cualitativos extraídos de la entrevista y la observación para realizar el reporte, pero también se utilizaron para hacer una transformación o matice a enfoque cuantitativo mediante el llenado de una hoja de evaluación (Ver anexo 3), la cual se aplicó un nivel de medición ordinal. La unidad de medida es el nivel de desarrollo de los indicadores y se especifica en:

- Falla estructural (FE) con código igual a tres (3): significa tareas gerenciales de mantenimiento mal desarrolladas o no ejecutadas y que ponen en peligro inmediata la eficiencia y eficacia del mantenimiento y, en consecuencia, debilitan a la organización ante la competencia.
- Falla circunstancial (FC) con código igual a dos (2): similar al FE, difiriendo solo en que el peligro no es inmediato.
- Cumplimiento satisfactorio (CS) con código igual a uno (1).

Dicho de otra manera, los datos cualitativos se matizaron mediante el llenado de una hoja de evaluación en datos cuantitativos que indican el nivel de gestión de mantenimiento, pero el propósito también es enfocarse en las debilidades y realizar una propuesta que permita maximizar la mejora de la gestión de mantenimiento de la empresa.

Se revisaron exhaustivamente los datos y se tabularon en una tabla en la cual se realizó un análisis más enfocado y no saturada de información. La tabla consiste de encabezados que identifica la técnica que vienen los datos, la unidad de análisis (a quién se le aplicó el instrumento), el indicador y el resultado, en base a lo anterior se plantea un análisis y se determina a qué objetivo de investigación se está alcanzando.

Para el levantado de texto se utilizó Microsoft Word 2019, para el procesamiento de datos y elaboración y diseño de instrumentos se utilizó Microsoft Excel 2019 y para elaboración de presentación se utilizó Microsoft Power Point 2019.

En resumen, el proceso metodológico se describe mediante la siguiente ilustración.

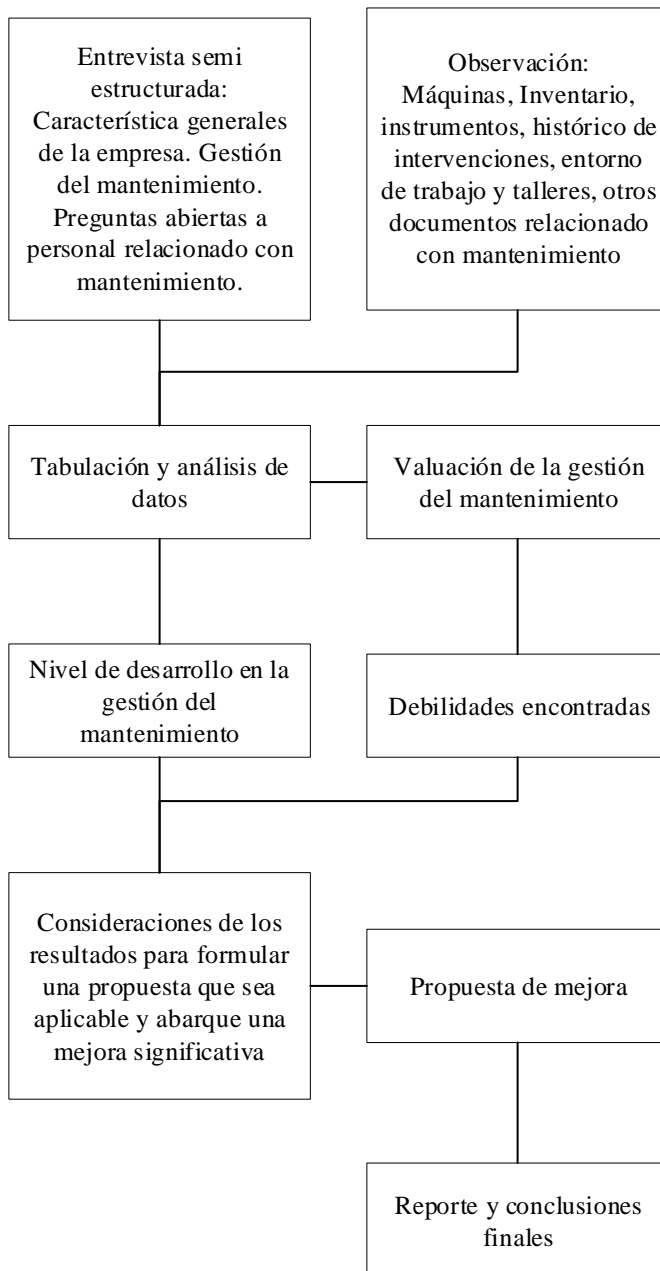


Ilustración 14. Proceso metodológico.  
Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV

### 4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Antes de analizar los resultados que contesten a los objetivos de la investigación es importante introducir una breve descripción de las máquinas y equipos en relación con el proceso productivo observado en la empresa con el fin de comprender mejor la parte del mantenimiento.

La empresa clasifica sus máquinas y equipos de acuerdo a criterios que tengan en común.

<b>Pesaje</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Básculas plataforma 4 x 4</li><li>• Básculas plataforma 5 x 5</li><li>• Báscula electrónica para llenado.</li><li>• Báscula mecánica para llenado.</li></ul>	<b>Trillado</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elevadores</li><li>• Pre limpiadora</li><li>• Catadora de succión</li><li>• Peladora</li></ul>	<b>Clasificado</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elevador</li><li>• Zarandas vibratorias</li></ul>
<b>Vibrado</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elevadores</li><li>• Banda transportadora</li><li>• Densimétricas</li></ul>	<b>Escogido</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Elevadores</li><li>• Escogedora electrónica</li><li>• Banda transportadora</li></ul>	<b>Otros</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Instalaciones (alumbrado, trabajo eléctricos, patios, infraestructura)</li><li>• Vehículos (camión y camioneta).</li><li>• Oficina (computadoras, impresoras, teléfono, etc.)</li><li>• Laboratorio de calidad.</li></ul>

*Ilustración 15. Clasificación de las máquinas y equipos.*  
*Fuente: Elaboración propia.*

En la figura anterior se puede observar las diferentes clasificaciones, a continuación, se describe cada una. En cuanto a las máquinas que corresponden el trillado, clasificado, vibrado y escogido, tienen un número de dos dígitos que identifican el motor en el panel de motores.

- **Pesaje:** abarca todas las básculas para control de peso de café en todo el proceso productivo.
- **Trillado:** inicia con el elevador de inicio #18 la cual es alimentado de café pergamino mediante una tolva y lo transporta a la pre limpiadora #08 donde realiza la primera operación mecánica que permite ir eliminando cuerpos extraños, materiales gruesos y finos que pueden ser encontrados en el grano. Luego el café es transportado por el elevador de pergamino #17 a una tolva de almacenamiento de café pergamino para controlar el flujo de café entrante a la peladora. De la tolva el café es transportado por el elevador neumático #19 a la Peladora #25 donde remueve mecánicamente la



cascarilla de café. Por último, el café pelado es transportado del elevador de trillo #12 a la catadora de succión #20 donde selecciona café por diferencias de densidades, repasa restos de café pergamino, café de baja densidad y cascarilla.

- Clasificado: inicia con el elevador de catadora #11 y contiene una tolva de alimentación por lo que permite independizar la línea de trillado y vibrado, es decir, se puede trabajar continuamente o independientemente. El elevador transporta el café a las zarandas vibratorias #10 la cual clasifica el café por tamaño.
- Vibrado: inicia con el elevador de clasificadora #09 y también contiene una tolva de alimentación lo que permite independizarla de la línea de clasificado. El elevador transporta el café a la densimétrica N°1 #22 donde selecciona el café por peso y en tres diferentes chorros, el chorro de primera continúa con el flujo y es transportado por el elevador de chorro de primera #13 hasta la tolva de café pendiente de escogido. El chorro de segunda es transportado por los elevadores de salidas #02 y #04 a la densimétrica N°2 #23 y repite el proceso.
- Escogido: inicia con el elevador #24 que contiene una tolva de alimentación lo que permite independizar la línea. El elevador transporta el café a la escogedora electrónico que selecciona el café por color. El compresor de aire #14 suministra aire comprimido a la escogedora, y el café ya escogido es transportado en la banda transportadora #15 que puede ser utilizada para escogido manual. Por último, el café llega al elevador de producto terminado #16 la cual lo transporta a una tolva de alimentación para llenado de sacos. Entre los equipos se cuenta con cosedoras portátiles de sacos.
- Otros: entran los equipos de oficina, equipos de laboratorio y vehículos. De manera especial también la infraestructura de la empresa, aunque técnicamente no son máquinas.

#### **4.1.1. Actividades inherentes al mantenimiento**

Una actividad es inherente al mantenimiento cuando forma parte del sistema mantenimiento y aporta un valor para la función principal de este. Todas las actividades están presentes en los niveles instrumental, operacional, táctico y estratégico, siendo un conglomerado de actividades operativas y de gestión, tanto de orden mental como real.

Las descripciones de las actividades se ha subdivido en: acciones de mantenimiento, manejo de recursos humanos, manejo de recursos materiales y preparación de trabajo. Cada subdivisión puede contener actividades de gestión y operativos, además de elementos de los diferentes niveles de mantenimiento.

### **Acciones de mantenimiento**

En la empresa se reconocen dos acciones de mantenimiento que son las acciones correctivas y las acciones preventivas. Según el gerente de beneficio, dice que el mantenimiento preventivo es un mantenimiento periódico que se hace antes de que la máquina de un fallo y tiene como objetivo disminuir los mantenimientos correctivos y los paros, mientras que el mantenimiento correctivo es el que se realiza una vez pasado la falla en el cual se tiene que incurrir en paro.

Mediante la revisión de los históricos de mantenimiento fue posible encontrar que en los mismos formatos determinan si es una acción correctiva o preventiva.

En cuanto al mantenimiento preventivo, por ser ejecutado antes de una falla, tiene la característica de ser planeado por lo que el gerente afirmó que cuentan con un plan que es aplicado a todas las máquinas procesadoras, tiene una descripción de las actividades por cada una de las máquinas, fecha de ejecución y presupuesto.

Mediante la revisión del documento se observó que el plan de mantenimiento consiste en una tabla con una columna que describe las actividades y otra columna que identifica las frecuencias de realización. Las actividades son meramente de inspección, limpieza, lubricación, ajustes mecánicos y cambio de bandas.

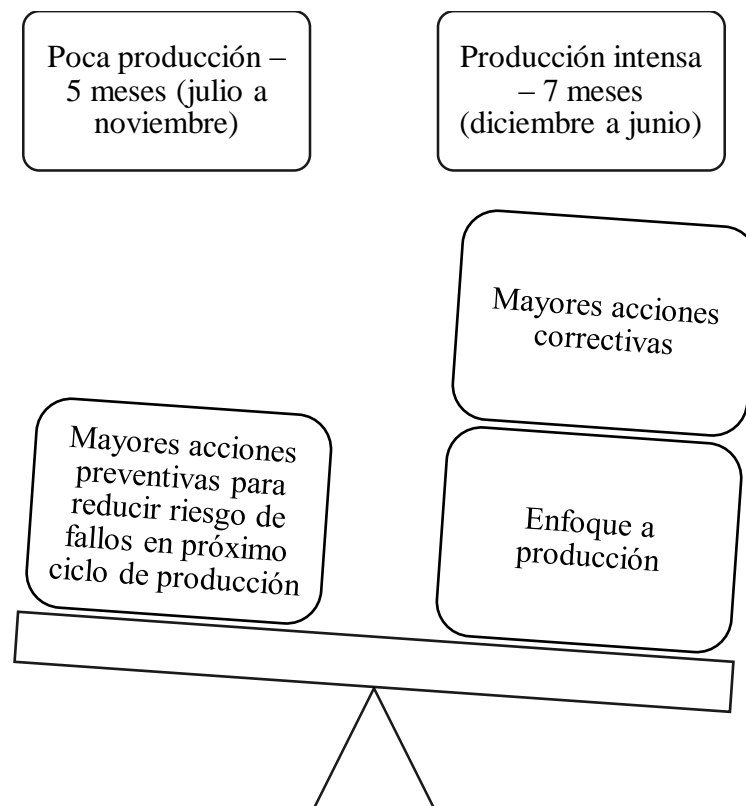
El plan de mantenimiento preventivo es percibido como efectivo ya que el gerente afirma que no han tenido fallos y paros bajo condiciones en la que él considera fuera de lo normal, por lo que no se ha actualizado o corregido.

Es decir que en la empresa se reconocen fallos que son comunes y periódicos, tal es el caso de fallos de bandas.

Uno de los aspectos que no contiene el plan de mantenimiento es acerca de estándares de tiempos y gerencia no tiene interés en estandarizarlos, porque en los meses de poca producción las máquinas en gran parte están en tiempo muerto o ready time (tiempo que la

máquina no se está utilizando por falta de demanda de producción) por lo que las acciones preventivas se pueden ejecutar sin la presión de disminuir los paros planeados. De igual manera gerencia ha optado por dejar que el operador ejecute el mantenimiento preventivo a su ritmo, como una técnica de motivación ya que en la temporada de intensa producción la carga de trabajo para el operador es alta.

Es importante señalar que el mantenimiento preventivo se realiza entonces una vez al año durante los cinco meses (desde julio a noviembre) de poca producción. Mientras que durante los siete meses (desde diciembre a junio) de intensa producción ya no hay acciones preventivas, sino paros por fallas en la cual necesita de mantenimientos correctivos.



*Ilustración 16. Acciones de mantenimiento a lo largo del año en Beneficio Las Nubes.  
Fuente: Elaboración propia.*

En la figura anterior se puede observar cómo se distribuyen las acciones de mantenimiento a lo largo del año, y es algo que está muy claro en la gerencia de la empresa. Por parte del operario, dice que el mantenimiento que se realiza cada año es preventivo y su principal propósito es dejar la máquina en “cero” o como nueva para dejarla lista para el nuevo ciclo

de producción, esto porque durante el ciclo anterior la máquina ha operado intensamente y los componentes se desgastan. Entonces las acciones preventivas se caracterizan para disminuir el riesgo de fallos concurrentes para el nuevo ciclo de producción.

En la revisión del histórico de intervenciones se determinó que los mantenimientos anuales preventivos registrados desde el 2016 hasta el 2018 tienen tareas parecidas de lubricación, limpieza general, cambios de partes de mecánicas como rodamientos, ejes, bandas, trabajos de soldadura, entre otros. También que las máquinas a las que se les aplica el mantenimiento preventivo son a las que corresponden a la línea de procesamiento.

Lo anterior permite deducir que en cuanto a las actividades y procedimientos de acciones preventivas existe una cierta normalización, aunque no documentada ni determinada por estándares.

En lo que respecta a las acciones correctivas, estas se dan en el tiempo de producción intensa, esto es porque el enfoque es producir y cualquier paro por fallo afectaría mucho a la empresa si este se prolonga demasiado, por ello el gerente afirmó que cuando ocurre un fallo durante el periodo de intensa producción, tratan hacer la corrección en tiempo récord, también comentó que en su experiencia no han tenido muchos atrasos por paros pues son mínimos.

En la experiencia de la empresa, lo que más ha tardado en corregir un fallo es conseguir el repuesto, por ello mantienen un stock de repuestos que saben que puede complicarse la obtención, además de hacer a lo inmediato la reparación.

### **Manejo de recursos humanos**

En el análisis de la estructura organizacional de la empresa, se determinó que esta no cuenta oficialmente con la unidad de mantenimiento, esto implica que no hay un encargado o especialista de mantenimiento, así como técnicos. Sin embargo, las funciones de mantenimiento son compartidas por el personal de otras funciones, a continuación, se describen.

Gerente de beneficio	Contabilidad	Operador de producción de café oro	Encargado de bodega
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La función agregada de mantenimiento es en tomas de decisiones respecto a mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cotizaciones y Compras de repuestos, insumos, otras herramientas.</li> <li>• Control de costos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenedor, ejecuta acciones preventivas, y correctivas cuando puede.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de inventario de repuestos e insumos</li> </ul>

*Ilustración 17. Funciones de mantenimiento compartidas con las demás funciones de la empresa.  
Fuente: Elaboración propia.*

El gerente señala que se sigue un enfoque en la eficacia, eficiencia y ahorro de costo, es decir, hacer más con lo mismo o lo mismo con menos, por eso no definen puestos especialistas sino más bien multifuncional, cuidando de no sobrecargar al personal.

En cuanto a los roles de cada quién se han identificado los siguientes.

- En el caso de las maquinarias de procesamiento, el responsable es el operador, tanto de reportar la demanda de mantenimiento como el de mantener. Tiene que tener conocimientos de soldadura, pintura, y mecánica.
- En las infraestructuras cada responsable de área reporta la demanda de mantenimiento.
- En el caso de contabilidad, esta recibe las demandas o pedidos de mantenimientos, luego reporta al gerente de beneficio. También se encarga de generar cotizaciones de repuestos y de servicios técnicos. Lleva control y reporte de los costos y presupuesto.
- El gerente de beneficio mediante el reporte por contabilidad, toma decisiones en subcontratación y supervisar el mantenimiento.
- El encargado de bodega que es un puesto temporal, lleva manejo y control del inventario de repuestos e insumos (consumibles).

Se puede observar que el mantenimiento abarca a las instalaciones, equipos y máquinas de toda la empresa. Así mismo mediante la revisión del histórico de intervenciones, se observó que se han hecho mantenimiento a lumbreras, vehículos, equipos de oficina, sistemas eléctricos, etc.

Es posible identificar los roles de mantenimiento en la empresa, y eso es un punto a favor, pues indica que están definidos y entendidos.

En cuanto a la subcontratación, el gerente de beneficio es quién toma la decisión de si subcontratar o no, y depende de la característica del trabajo a realizar. Vale aclarar que la empresa cuenta con tres personas locales que tienen diversas habilidades como soldadura, carpintería y operación de máquinas, por lo que cuenta con opciones para asignarles algunos trabajos de mantenimiento.

Continuando con el punto de la subcontratación, algunas consideraciones que se toman en cuenta son:

- Si la persona local no tiene la capacitación necesaria.
- Si el trabajo es delicado, por ejemplo, el trabajo eléctrico trifásico.
- Si presenta bastante riesgo ocupacional, como los trabajos en alturas.

Respecto a las relaciones con los proveedores de servicio técnico, el gerente afirma que es muy buena y existe una excelente comunicación. Tienen un proveedor para el compresor, dos para trabajos eléctricos, uno de alta tensión y otro de baja tensión, máquinas en específica como la escogedora electrónica, entre otros.

Es importante señalar que cuando tienen definido al proveedor con el que pueden acudir, siempre realizan cotizaciones de otros proveedores de servicio técnico por cuestión de la normativa de control interno de la empresa, aunque ya se haya decidido a quién subcontratar.

Continuando con lo anterior, el gerente comentó que el procedimiento de cotizaciones les permite analizar las ofertas y utilizarla de manera estratégica para negociar precios, por ejemplo, cuando observan que otro proveedor ofrece el servicio a un menor costo que del proveedor que tienen relación, entonces tratan de negociar el costo con este.

Respecto al control interno que en sí es un tema aparte, el gerente afirmó que es una actividad del área contable que permite comprobar los precios de las ofertas, por ejemplo, para un trabajo de mantenimiento que cueste mil dólares, es necesario realizar tres cotizaciones de diferentes proveedores para comprobar el precio de la oferta, es decir, que anden cercano a esa cifra, pues no es posible que un proveedor ponga un precio de mil dólares y el proveedor al que se acuda cobre en una cifra muy desviada.

Por otra parte, en el aspecto de los entrenamientos, la empresa no cuenta con un programa de entrenamiento para mantenimiento. Solo se entrena cuando se adquiere un nuevo equipo

o se contrata un nuevo personal, en la cual es el proveedor del equipo quien brinda la capacitación que prácticamente consiste en operación y no en mantenimiento.

Lo anterior es lógico porque en sí, la empresa no cuenta con un puesto de técnico mantenedor en su organización y quién lo asume es el operador de máquinas procesadoras de café pergamino, por lo tanto, es posible concluir que el operador además de ser operador es mantenedor.

El recurso humano es un instrumento básico de mantenimiento y es necesario para que este funcione, desde la persona que cotiza repuestos, quién toma las decisiones, y quién ejecuta las acciones previamente definidas. Es de gran importancia tener definido la organización del recurso humano, por qué hace tales actividades, como contribuye a la función del mantenimiento y llevar un adecuado entrenamiento.

### **Manejo de los recursos materiales**

En este apartado se describen las actividades que se realiza para el manejo de recursos tangibles, como las maquinarias, repuestos, insumos, y herramientas. Tiene que ver con la aplicación de instrumentos básicos y específicos del mantenimiento, que son características del nivel instrumental del mantenimiento.

En cuanto al manejo de la maquinaria, el gerente dice que tienen a su disposición informaciones operativos y técnicos de cada una en digital. También afirma que la información puede ser consultada por cualquier persona ya que están puesto como fichas en cada máquina, esto permite que la información fluya y cada persona sepa lo que tiene que hacer, o bien las visitas sepan de las máquinas.

Cabe mencionar que la información que está descrita en las fichas no trata profundamente los mantenimientos y las partes de las máquinas, tampoco tienen a su disposición dibujos técnicos y especificaciones detalladas. Por lo que solo se limita a información de operación, funcionamiento general, condiciones de operación, actividades de limpieza, y recomendaciones generales.

Aunque si es aconsejable mantener información general y resumidas en fichas con el fin de disponerla en zonas visibles, se debe contar con un manual detallado de la maquinaria debido a la utilidad para la consulta técnica.

En el caso de las herramientas para mantenimiento, se cuenta con lo necesario para el desensamble de las máquinas y partes mecánicas, para trabajos de soldaduras, pintura, carpintería y eléctricos. Aunque durante la observación, se identificó que no estaban en buena disposición, ya que había desorden y falta de limpieza, dispuesta en el suelo cerca de las máquinas.

En el manejo de inventario de repuestos e insumos, el gerente afirma que se utilizan herramientas estadísticas. Las reposiciones se hacen de acuerdo a la frecuencia de fallo de cada una de las piezas, es decir, la pieza que se dañan con más frecuencia es la que se tiene más en inventario, y quién levanta la información estadística es el responsable de la bodega. La clasificación es por nombre de repuesto y no es detallado debido a que los repuestos que más se tienen en inventario son genéricos, como los rodamientos, bandas, etc.

Los procedimientos de entrada y salida de repuestos se dan cuando el responsable de bodega da de baja en su inventario el repuesto y este se traslada a lugar donde es requerido, en el caso del área de producción de café oro, el operador cuenta con un estante en donde tiene cada tipo de repuesto. Las entradas se dan cuando es necesario la reposición del repuesto para tener el mismo nivel de reserva.

Es importante señalar que el responsable de bodega maneja la teoría inventarios, como la reserva, el MAX y la mínima orden de pedido, la cual primeramente fue implementado por el gerente en el primer año de funcionamiento de la empresa. Cuentan con un proveedor ubicado en Managua la cual le suministra los repuestos utilizados en las máquinas.

Se hizo visita a la bodega de materiales y se observó que existe un inventario de diferentes partes genéricas como tuercas, bridas, tuberías, rodamientos, chumaceras, bandas, entre otros, ubicados en estantes. La desventaja es que la instalación comparte espacio para guardar equipos viejos inservibles como básculas, monitores, y teléfonos, así como partes viejas como motores. Cabe destacar también que en ese lugar se tiene dispuesto toda la documentación vieja del beneficio y de las fincas del grupo Las Nubes, lo que abarca mucho espacio, además de que están mal ordenadas, y no se realiza buenas prácticas de archivística y almacenamiento.



En la aplicación de instrumentos genéricos se identificó la implementación de los cinco eses, sin embargo, el mismo gerente y encargada de sistema de gestión afirman que no han llegado a la autodisciplina y siguen en proceso de la perpetuidad del instrumento.

5S es una excelente herramienta para lograr productividad y mejorar el entorno de trabajo, sería la solución en cuanto a la disposición de las herramientas y el entorno de la bodega. Por lo que es recomendable revisar el proyecto desde el inicio e ir fortaleciendo los puntos débiles.

Por otra parte, el gerente declara que no realizan ninguna aplicación de instrumentos avanzados relacionado a la confiabilidad como el análisis de modos de falla, debido a que considera que las fallas son constantes, conocidas y normales a lo esperado. Cuando se perciba un incremento de frecuencias de fallas o que esté fuera de lo normal entonces si aplicarían ese tipo de instrumento.

Entre algunos ejemplos de fallos recurrentes son el rompimiento de la camisa del trillo, donde tiene estimado un fallo cada 10 000 quintales de proceso, equivalente a 200 horas de producción si se tiene en cuenta que la capacidad es de 50 quintales por hora.

Sin embargo, no es que cada 200 horas se va a cambiar la camisa como si fuera un mantenimiento preventivo o planeado, sino que se espera el fallo y se hace la corrección. Se tiene en cuenta que la acción correctiva de cambio de camisa tarda en promedio media hora, lo cual no afecta en gran manera la producción.

Los fallos por rompimiento de bandas tienen el mismo comportamiento recurrente.

De lo anterior se concluye que en la empresa se manejan aspectos relacionados a la confiabilidad utilizando la experiencia, y que en base a eso deducen que las máquinas están en el periodo de vida útil en donde el riesgo de fallas es constante.

Es importante señalar que por los momentos la gerencia no considera necesario la aplicación de instrumentos relacionados a fallas, ya que percibe buen funcionamiento de las máquinas y que, si un dado caso identifican incrementos de fallas, entonces buscarían otros métodos, que se enfoque al tratamiento de estas.

## **Flujo de trabajo**

El flujo de trabajo consiste en la serie lógica de actividades que conlleva un trabajo de mantenimiento, desde antes de iniciar la intervención, durante la intervención y después de la intervención. De esta manera es posible analizar las actividades que se han descrito anteriormente de una manera ordenada, lógica, y más entendible.

## Las Nubes – INROCASA. Proceso de mantenimiento.

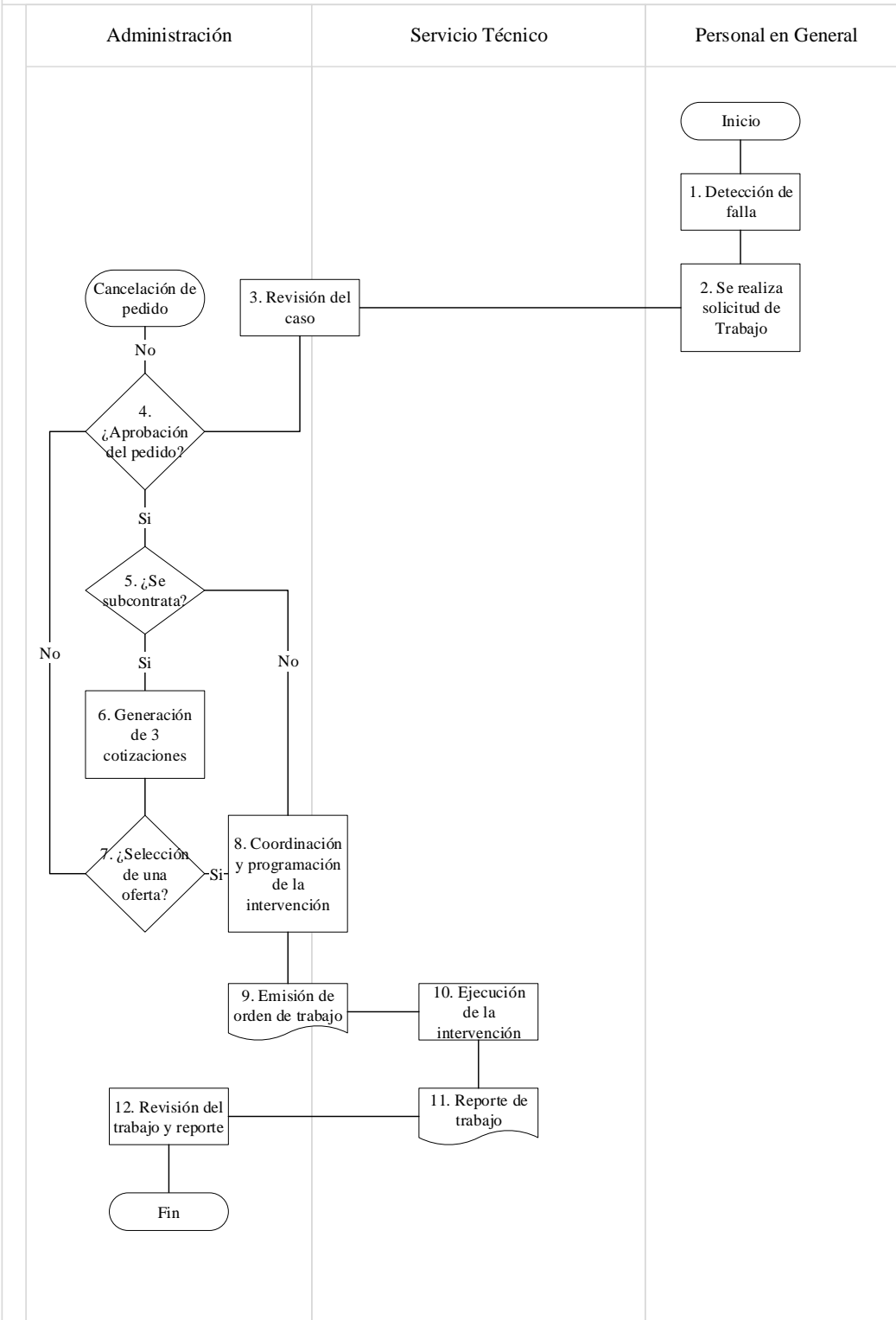


Ilustración 18. Proceso de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.

En la primera columna se ubica la función de administración que se compone por el gerente y la encargada contable. En la segunda columna se ubica la función de servicio técnico que bien puede ser interno o un proveedor. En la tercera columna se ubica cualquier personal de la empresa que pueda realizar un pedido de mantenimiento o informe sobre un fallo, es decir los encargados de cada área.

1. Detección de falla: es cuando el encargado de área detecta una falla en un equipo o un defecto en la instalación y lo reporta a administración solicitando un mantenimiento para corregir.

2. Se realiza solicitud de trabajo: reporta verbalmente el problema a administración.

3. Revisión del caso: el gerente revisa el caso con el fin de comprender la situación. Puede verse que la figura de esta actividad está entre las funciones de administración y servicio técnico, esto es porque según el gerente, existen ocasiones en que consulta con un proveedor mediante llamada telefónica para abordar sobre el fallo o problema, por lo que, en cierta medida ambas funciones abarcan esta actividad.

4. ¿Aprobación del pedido?: es una decisión que es tomada por el gerente. Cuando se trata de fallos que incurre paro a la línea de producción de café oro, la aprobación del pedido es siempre “sí” y se trata de hacerlo en el menor tiempo posible. En los demás casos la decisión depende de las consideraciones del gerente. Cuando la decisión es “sí” pasa a la decisión “¿Se subcontrata?” y cuando la decisión es “no” pasa al cierre del flujo mediante la cancelación del pedido.

5. ¿Se subcontrata?: esta decisión también es tomada por el gerente. Anteriormente ya se ha comentado los factores que considera el gerente para cuando se necesita subcontratar. Cuando la decisión es “sí” pasa a la actividad “Generación de 3 cotizaciones” y cuando la actividad es “no” pasa a la actividad “Coordinación y programación de la intervención”.

6. Generación de 3 cotizaciones: la encargada del área contable realizar tres cotizaciones con el fin de analizar las ofertas, esta información es pasada luego al gerente.

7. ¿Selección de una oferta?: otra decisión tomada por el gerente mediante un análisis de las ofertas. Cuando se tiene definido desde un principio a un proveedor de confianza, por control interno siempre se realizan las tres cotizaciones, aunque se negocian precios con el

proveedor predefinido cuando identifican precios menores de las otras cotizaciones. Cuando la decisión es “sí” pasa a la actividad “Coordinación y programación de la intervención” y cuando la decisión es “no” retrocede a la toma de decisión “¿Aprobación de pedido?”, es importante aclarar que en este punto es posible que el gerente no seleccione ningún proveedor y se replantee acerca de la aprobación del pedido.

8. Coordinación y programación de la intervención: esta actividad es realizada por la empresa junto con el proveedor de servicio técnico o bien con el personal local que dispongan, por ejemplo, el operador. La coordinación y programación de la intervención consiste en fijar la fecha y hora de intervención, así como detallar acerca de los repuestos o insumos que se utilizarán.

9. Emisión de orden de trabajo: en un formato físico se registra información general del pedido, y acerca de la coordinación y programación de la intervención.

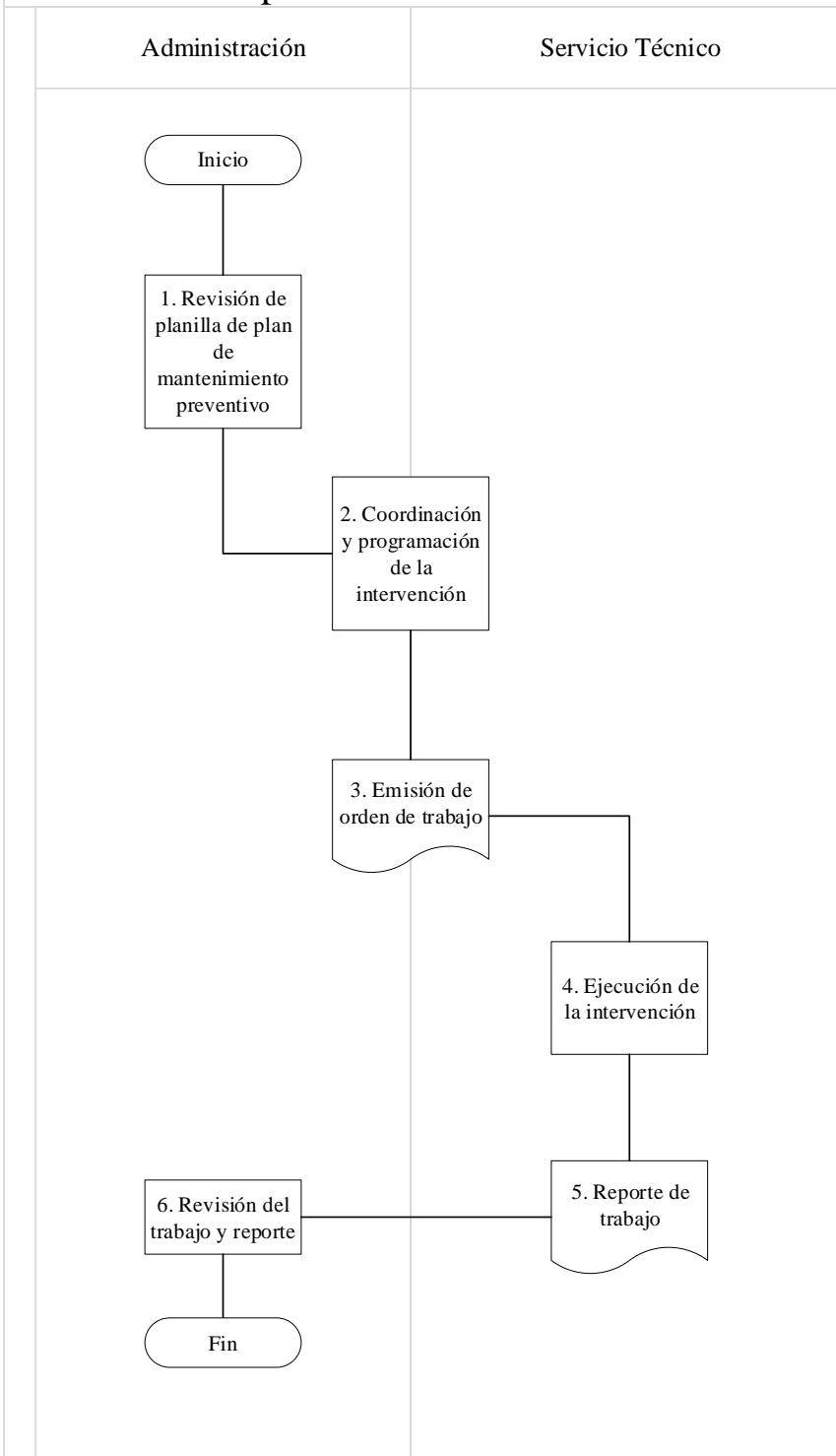
10. Ejecución de la intervención: es cuando el técnico ejecuta las diferentes actividades de mantenimiento con el fin de corregir la falla o bien mantener cuando es preventivo.

11: Reporte de trabajo: el técnico llena un formato en físico en donde registra las actividades que desarrolló y algunas recomendaciones.

12. Revisión del trabajo y reporte: el gerente revisa el trabajo realizado y firma el reporte para dar por completo el trabajo.

Cabe destacar que en el mantenimiento anual preventivo el flujo no toma en cuenta las operaciones 1 hasta el 7 ya que se sabe desde ante la demanda de ese mantenimiento. A continuación, se presenta el flujo de trabajo con mantenimiento preventivo.

## Las Nubes – INROCASA. Proceso de mantenimiento planeado.



*Ilustración 19. Proceso de mantenimiento planeado.  
Fuente: Elaboración propia.*

A diferencia del flujo mantenimiento no planeado (que consiste en acciones correctivas) el flujo de mantenimiento planeado inicia con la actividad “Revisión de planilla de plan de mantenimiento preventivo”. Luego sigue con la “Coordinación y programación de la intervención” hasta “Revisión del trabajo y reporte” que son equivalentes con el flujo de mantenimiento no planeado, solo que la base no es en corregir una falla sino en seguir las actividades que están reflejadas en el plan de mantenimiento preventivo.

#### **4.1.2. Caracterización de la gestión de mantenimiento**

La gestión de mantenimiento se puede caracterizar mediante la identificación de los factores que más se toman en cuenta para planificar, organizar, dirigir y controlar todas las actividades inherentes al mantenimiento.

Aunque mediante la descripción de las actividades es posible identificar la forma de trabajo y la organización, falta identificar la parte de control de este.

Para el manejo y control de la función de mantenimiento en una empresa es necesario medirla, para ello es necesario la obtención y tratamiento de la información que esta origina. Desde el enfoque sistémico esta actividad corresponde al nivel estratégico.

#### **Métodos de recolección de información**

Los instrumentos que utiliza la empresa para recolección de información son formatos físicos. En lo que respecta a mantenimiento cuenta con dos, la orden de trabajo y el reporte de trabajo.

La orden de trabajo se llena en el momento que se está programando la intervención, según el gerente esta es llenada mediante la consulta con el proveedor y quién se encarga de llenarla es el área contable. Los campos de información que tiene el formato son:

- Fecha de llenado.
- Número de orden de trabajo.
- Solicitante.
- Tipo de mantenimiento: correctivo o preventivo.
- A qué se le realiza mantenimiento: equipo o instalaciones.
- Servicios a realizar: calibración, reparación, eléctrico, pintura, ajustes mecánicos, otros.

- Lista de insumos.
- Reporte técnico: envejecimiento, desgaste, mala instalación, uso, medio ambiente, defecto de la pieza.
- Acciones o medidas: mantenimiento, verificación, reparación.
- Descripción de actividad.
- Observaciones.
- Firma del técnico.
- Firma del gerente.

Es posible observar que los campos del formato tienen algunos defectos como lo es redundancia y confusión. Por ejemplo, el campo de “tipo de mantenimiento” redundante con el “servicios a realizar” ya que cuando se especifica mantenimiento correctivo entonces el servicio a realizar por lógica es reparación. Un ejemplo de confusión es en formatos en donde se registra que el mantenimiento es preventivo, sin embargo, en acciones o medidas se registra reparación.

En el caso del reporte de trabajo, este se llena una vez realizada la intervención. Los campos de información que tiene el formato son:

- Fecha de llenado.
- Solicitante del trabajo.
- Técnico que realizó el trabajo.
- Actividades realizadas.
- Repuestos e insumos utilizados.
- Firma del técnico.
- Firma del gerente.

Ambos formatos son llenados por el técnico, la original queda en la empresa y la copia queda con el técnico, el archivado de los formatos lo realiza la responsable de sistema de gestión, quien tiene un expediente con etiqueta “Mantenimientos”.

Es posible observar algunos campos que se parecen en ambos formatos, por ejemplo, “descripción de la actividad” del formato orden de trabajo con el campo “actividades realizadas” del formato reporte de trabajo.



En la revisión del histórico, es decir, del expediente “Mantenimiento”, se identificó que en la mayoría de las intervenciones la orden de trabajo no era documentada, y las que estaban documentadas presentaban espacios en blanco en la mayoría de los campos, esto da a entender que el formato no es utilizado por parte de la empresa y solo prestan atención al reporte de mantenimiento. Aunque hay reportes en donde no es llenado completamente.

En cuanto a los costos de mantenimiento, el área contable extrae la información mediante las facturas de la mano de obra y consumibles.

### **Manejo y tratamiento de la información**

Debido a que se identificaron debilidades en la recolección de información esto puede originar déficit en el tratamiento de la información, con el fin de controlar y evaluar el mantenimiento. De hecho, se confirmó que la información solamente es archivada y no se le da ningún tratamiento, ya sea para obtener índices de gestión (KPI), índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) o índices de costos.

Para el CMD existen diversos índices que son reconocidos internacionalmente, pero la materia prima de información son la medición de los tiempos de operación y tiempos de mantenimiento.

En cuanto a los tiempos de mantenimientos, se observó que en los formatos no existe un campo que registre estos tiempos por lo que no es posible medir la mantenibilidad, aunque el gerente afirmó que es posible deducir la información revisando los quintales objetivos de producción y restando los quintales reales, el tiempo de operación se encuentra mediante la división de los quintales procesados por la capacidad de la máquina por hora. Luego el tiempo perdido lo justifica el operador, como puede ser la corrección de una falla que ocasionó un paro, pero es importante advertir que ese método no es fiable porque existen paros que meramente no son causados por fallas, sino que pueden ser causados por otros factores como errores de operación, de igual manera la pérdida de tiempo productivo se puede originar por reprocesos.

Los tiempos de operación si se miden y registran en un formato titulado como “detalle de producción – equipo”. El formato es utilizado para controlar los rendimientos de café, o, dicho de otra manera, medir el peso de oro obtenido en sus diferentes calidades. Se especifica la cantidad sometida y se diferencia el cliente, número de lote y el número de vueltas o

reprocesos, luego esa información es grabada al sistema. Pero el formato también es utilizado para registrar los tiempos de operación, anotando la hora de inicio, hora de paro, observación y el peso en quintal procesado. Los equipos que se detallan son las líneas en general que son: trillo (trillado), polka (clasificado), Oliver 1, Oliver 2 (vibrado) y electrónica (escogido). Esa información es utilizada por el área contable para determinar el consumo de energía eléctrica y, por ende, estimar su costo.

Cuando hay un paro, en la observación se describe qué ocasionó el paro. Se debe tener en cuenta que un paro puede ser ocasionado por una falla o bien errores de producción u otros factores no relacionados con falla como cuando se va la energía eléctrica. Entonces es posible medir la confiabilidad de los equipos mediante la medición de tiempo de operación entre fallos, sin embargo, la empresa no la mide.

Debido a que no se miden la mantenibilidad ni confiabilidad, tampoco se mide ningún tipo de disponibilidad.

En lo que respecta a los costos de mantenimiento, este es manejado por el área contable mediante un control de presupuesto mensual, en la que el gerente es medido por los inversionistas analizando la desviación de uso de presupuesto, en otras palabras, si están fuera o conforme al presupuesto. Si se desvía demasiado tiene que justificar el porqué.

En el caso de los mantenimientos a infraestructura los costos son manejados por centros o áreas, por ejemplo, recepción, bodega, bodega de producción son centros de costos, entonces cuando se hace mantenimientos a la infraestructura que corresponde a esa área, el costo es grabado al centro de costo correspondiente.

Los costos y el CMD es suficiente para el control del mantenimiento, sin embargo, es posible aplicar KPI o indicadores de gestión para controlar el mantenimiento desde otra perspectiva.

Se identificó que la empresa no utiliza ningún indicador para controlar el mantenimiento, sin embargo, el gerente comentó que, solamente utilizan las razones financieras para inferir en la situación general de la empresa.

Es importante señalar que los indicadores financieros solo miden que tan bien están las finanzas de la empresa, y que no mide directamente la gestión, ni mucho menos la situación de una función de la empresa como lo es el mantenimiento.

Cabe comentar que la empresa cuenta con un plan de trabajo anual en donde tienen definidos objetivos que se enfocan a cuatro perspectivas de la empresa, la perspectiva financiera, procesos internos, calidad y crecimiento de la compañía. Entonces se mide el comportamiento de cada perspectiva y se compara con los objetivos definidos en el plan de trabajo anual.

A pesar de que en gestión general la empresa cuenta con ciertas herramientas, en el mantenimiento carece.

### **Planificación y organización de las acciones de mantenimiento**

La planificación y organización de las acciones de mantenimiento se fundamentan en las siguientes consideraciones:

- El proceso productivo del café: en los siete meses de intensa producción se organiza para trabajar con acciones correctivas. En los cinco meses de poca producción se planifica y organiza acciones preventivas.
- Enfoque reactivo y basado en la experiencia: mientras no se perciba situaciones fuera de lo normal, o aumento en las frecuencias de fallo se sigue trabajando en base a percepción subjetiva, en caso contrario, se optan por los métodos más propios de la gestión de mantenimiento.
- Por presupuesto establecido: se miden los costos de las intervenciones comparándolo con el presupuesto y analizar desviaciones. Se procura apuntar al objetivo del presupuesto y eso influye en la planificación y organización de las acciones.

Se ha identificado ciertas prácticas proactivas tales como:

- Definición de procedimientos habituales de limpieza y lubricación.
- Contar con personal proactivo dispuesto a aprender a ejercer labores de mantenimiento.
- Búsqueda en la implementación de 5s.

Lo anterior puede identificarse con aspectos de la táctica TPM, si bien, cualquier decisión que tome la empresa respecto a mantenimiento carece de fundamento del CMD, la cual es muy recomendable seguir.

En cuanto a la evaluación del mantenimiento que la empresa se aplica a sí misma, solamente tienen definido la comparación de los costos con el presupuesto, y verificación de las condiciones de los equipos por medio de inspección visual. También indirectamente por la producción, es decir, si no hay problema en producción por paros de fallo, entonces mantenimiento va bien.

Por eso es importante recalcar que el CMD de esto trata, de analizar el mantenimiento integralmente con la producción, ya que la confiabilidad se relaciona con la producción, la mantenibilidad se relaciona con el mantenimiento y la disponibilidad evalúa la gerencia integral de estas dos funciones. Además de lo anterior, sirve como un medio para proyectar y pronosticar el comportamiento futuro de las máquinas y así tener una base para planificar y organizar las acciones además de pronosticar costos, de igual manera por su característica de indicador, también es posible monitorear la situación y establecer proyectos de mejora con el fin de mejorar los indicadores. Nada más que la empresa no aplica los cálculos.

### **Valoración y percepción del mantenimiento**

Para la empresa el mantenimiento es importante, sin embargo, en la gestión y control de este no es prioridad debido a que no han tenido problemas serios que afecten a la producción.

Por otra parte, el gerente declaró que la importancia del mantenimiento es igual que el de producción ya que si no se toma en cuenta el mantenimiento en una empresa, esta va tener problemas en producción por el paro de las máquinas.

Es decir que el enfoque de mantenimiento que la empresa sigue es el enfoque hacia las acciones, ya que solamente ve el mantenimiento como un servicio necesario para que producción continúe cuando esta es parada por los fallos de las máquinas o equipos. Por lo que es válido afirmar que la empresa no ha desarrollado aún la mayoría de los aspectos de los enfoques hacia la organización táctica, estratégica, a habilidades ni a gestión de activos.

Continuando con la idea, el gerente afirmó que las razones por las que no ha priorizado en implementar mejor control en la función de mantenimiento son por el tamaño de la planta, no presentación de problemas serios y falta de personal.

En el tamaño de la planta, la justificación se basa en el número pequeño de máquinas, ya que no es lo mismo buscar métodos para controlar 100 máquinas que 25. En la no presentación de problemas serios, ya se ha comentado que perciben normalidad en las máquinas y por eso no se prioriza mejoras, y en la falta de personal, la justificación se basa en que es necesario una persona que se dedique a la gestión del mantenimiento y por situaciones actuales no es posible abrir ese puesto.

Por parte de los costos de mantenimiento, la empresa los justifica, pues entre una de sus políticas es el de costear lo necesario con el fin de corregir rápidamente una falla y no prolongar los paros. Es decir que el valor de los servicios técnicos, así como el valor de un repuesto o insumo es percibido de buena manera ya que no se considera como algo indeseado o gasto, sino como una necesidad ya que se está consciente de los fallos como un hecho que pasa toda máquina en su vida útil.

Es importante advertir que, según el gerente, los costos de mantenimiento son casi despreciables y que la única máquina que genera altos costos es la electrónica por su complejidad.

Entre las consideraciones propia que tiene la gerencia de la empresa en su gestión de mantenimiento, es que se autoevalúan bien porque se puede ver en los resultados. Los resultados son las buenas condiciones de las máquinas, fallos normales, percepción rápida de la ejecución de las intervenciones para acciones correctivas y no interrupciones en la producción.

### **Evaluación de la gestión de mantenimiento**

Mediante el uso del formato de evaluación se obtuvo un puntaje en base 1 o 100% de la gestión de mantenimiento, así como de cada indicador para identificar las debilidades.

Los aspectos o categorías evaluadas son todas las descritas anteriormente. Para realizar la medición se consideró tres criterios:

- FE: falla estructural, significa tareas gerenciales de mantenimiento mal desarrolladas o no ejecutadas y que ponen en peligro inmediato la eficacia y eficiencia del mantenimiento y, en consecuencia, debilitan a la organización ante la competencia.
- FC: falla circunstancial, similar al FE, difiriendo solo en que el peligro no es inmediato.
- CS: cumplimiento satisfactorio.

Mediante una tabla se presenta la evaluación realizada identificando el aspecto a evaluar y al indicador al que pertenece, luego se justifica el porqué del criterio escogido.

*Cuadro 1. Evaluación de la gestión de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.*

<b>Aspectos o categorías</b>	<b>Indicador</b>	<b>Evaluación</b>
Acciones de mantenimientos conocidos	Acciones de mantenimiento	CS
Plan de mantenimiento preventivo	Acciones de mantenimiento	FC
Evaluación y control del plan de mantenimiento	Acciones de mantenimiento	FC
Reacción en los mantenimientos correctivos	Acciones de mantenimiento	CS
Habilidades conocidas y requeridas	Recursos Humanos	CS
Estructura y organización de las funciones	Recursos Humanos	CS
Manejo de la subcontratación	Recursos Humanos	CS
Entrenamiento del personal	Recursos Humanos	FE
Documentación técnica adecuada	Manejo de recursos materiales	FC
Suministro de herramientas e instrumentos	Manejo de recursos materiales	CS
Manejo de los inventarios de consumibles	Manejo de recursos materiales	FC
Utilización de instrumentos genéricos	Manejo de recursos materiales	FC
Utilización de instrumentos específicos	Manejo de recursos materiales	FC
Protocolo del flujo de trabajo	Flujo de trabajo	CS
Preparación del mantenimiento	Flujo de trabajo	FC
Recolección de la información	Información	FE
Calidad de la información	Información	FE
Control con CMD	Tratamiento de información	FE
Control de los costos	Tratamiento de información	FC
Utilización de KPI	Tratamiento de información	FE
Proyecciones y pronósticos para la planificación	Fundamento de la gestión	FE
Implementación de un tipo de táctica	Fundamento de la gestión	FE
Evaluación interna del mantenimiento	Fundamento de la gestión	FE
Valorización del mantenimiento	Percepción	FC
Justificación del mantenimiento	Percepción	CS
Conciencia en la mejora	Percepción	FE

A continuación, se justifica el criterio escogido para cada categoría.

Acciones de mantenimiento conocidos: se considera CS porque se observó tanto en la gerencia como en el operador que tenían definido las acciones de mantenimiento que se ejecutan en la empresa. Se notó como se diferencia las acciones correctivas y preventivas en la planificación, y organización establecidas. También es importante recordar que las acciones preventivas son ejecutadas en los meses de poca producción o tiempos muertos, mientras que las acciones correctivas son ejecutadas en meses de intensa producción, es decir que no planifican paros para ejecutar acciones preventivas en los meses de intensa producción, pues se tiene definido que las acciones preventivas que se realizan, son para disminuir los riesgos de fallos para mejorar la confiabilidad de las máquinas para la siguiente temporada de intensa producción, mientras que las acciones correctivas que se realizan son para corregir a lo inmediato la máquina y no afectar la producción. En conclusión, la empresa tiene definido las acciones de mantenimiento de manera que no es obstáculo para ejecutar una buena gestión.

Plan de mantenimiento preventivo: se considera FC porque se observó que el plan de mantenimiento no cuenta con un documento que abarque integralmente los elementos de información técnica de equipos, repuestos, insumos, actividades, presupuestos, etc. Aunque la empresa maneja ciertos elementos, lo maneja por separado y no integrado en un plan en sí. Por ejemplo, se maneja la lista de actividades de limpieza, inspección y lubricación, también los repuestos necesarios a cambiar, pero el presupuesto se maneja aparte, la información técnica aparte, y no de manera integral. La importancia de manejar la información integralmente radica que es más fácil evaluar el plan de mantenimiento y realizar las actualizaciones necesarias cuando se requiera. Tal vez la debilidad mencionada no afecte al corto plazo a la gestión, pero si puede suponer un peligro si la empresa adquiere más equipos o máquinas, o bien, las máquinas entran a fases de su vida útil en donde aparecen nuevas fallas regulares y sea necesario actualizar el plan de mantenimiento.

Evaluación y control del plan de mantenimiento: se considera FC porque en el plan no va reflejados estándares que permitan controlar y evaluar la situación real contra la estándar, aunque la empresa no le interesa hacer esta actividad porque tienen mucho tiempo para ejecutar estas acciones, es importante tener definidos procedimientos que puedan mejorar la

mantenibilidad cuando se desee, ya que en el largo plazo esto puede ocasionar la pérdida de eficacia y eficiencia de la gestión.

Reacción de los mantenimientos correctivos: se considera CS porque la empresa tiene definido el protocolo a seguir para corregir un fallo a lo inmediato, además mediante la experiencia, tienen analizado los repuestos que fallan y por eso mantienen un stock para no tener demoras logísticas ni administrativas. Así mismo, el gerente asegura que se buscan desarrollar los mantenimientos al tiempo mínimo posible, pues se procura no prolongar los paros.

Habilidades conocidas y requeridas: se considera CS porque la empresa tiene sabido acerca de las habilidades que tiene su personal con funciones relacionadas con el mantenimiento. De igual manera, se considera que el personal actual cuenta con las habilidades requeridas para hacer que la gestión del mantenimiento y las acciones de mantenimiento se ejecuten de una buena manera.

Estructura y organización de las funciones: tiene un CS porque se tienen definidos los roles que aportan a la función de mantenimiento en los diferentes puestos. Aunque la empresa no cuenta con un área de mantenimiento, se saben los roles, esto se da porque realmente los puestos son multifuncionales o multifacéticos y no especializados.

Manejo de la subcontratación: tiene un CS porque se tienen establecidos los criterios para requerir subcontratación, además que existen buenas relaciones con los proveedores de servicio técnico.

Entrenamiento de personal: tiene un FE porque no existen entrenamientos y capacitaciones acerca del mantenimiento, es importante corregir a lo inmediato mediante un plan de acción.

Documentación técnica adecuada: tiene un FC porque la información es general y no detallada técnicamente, puede ser un posible peligro al largo plazo cuando las máquinas entren a otras fases de la vida útil en donde se requiera más conocimiento técnico acerca de los fallos.

Suministro de herramientas e instrumentos: tiene un CS porque se tienen las herramientas necesarias para ejecutar las acciones de mantenimiento debidas.



Manejo de inventarios de consumibles: aunque se aplican teoría de inventarios para el manejo de las reservas de los repuestos e insumos, inclusive hay una persona encargada que ejecuta esa actividad, se tiene la desventaja de que en la misma bodega se disponen otros artículos ajenos a los consumibles como los archivos antiguos y equipos irreparables o desechables, por lo que tiene un FC, porque en el largo plazo puede afectar la competitividad si la empresa crece y se deba manejar mayor inventario.

Utilización de instrumentos genéricos: tiene un FC porque no han desarrollado las 5S en la fase de autodisciplina, y puede afectar en el largo plazo si no se definen que otros instrumentos aplicar para el control del mantenimiento.

Utilización de instrumentos específicos: tiene un FC porque no se tienen previsto que tipo de instrumentos utilizar si las máquinas presentan nuevos comportamientos. Tener un enfoque reactivo, es decir, reaccionar cuando los problemas ocurran puede considerarse como un FC que afecta a la gestión de mantenimiento.

Protocolo del flujo de trabajo: tienen un CS porque está sabido y definido los pasos a pasos para el seguimiento de un trabajo de mantenimiento, desde que es solicitado hasta que es completado.

Preparación del mantenimiento: tiene un FC porque se observó que cuando el servicio técnico es local, el control del flujo de trabajo no es igual que cuando se subcontrata.

Recolección de la información: tiene un FE porque se identificó ciertas deficiencias en los formatos, además que no se mide el tiempo de mantenimiento, también la falta de llenado de varios campos de los formatos, por lo que esa mala práctica afecta la gestión de mantenimiento.

Calidad de la información: tiene un FE porque se observó que no se cuenta con información integrada a los formatos de manera que pueda realizarse los cálculos CMD, además que la información no está clasificada ni se implementan recolección de información que permita medir otras perspectivas del mantenimiento, por ejemplo, el nivel de urgencia del pedido.

Control con CMD: tiene un FE porque no se dan tratamientos a los datos de tiempos para implementar el control con CMD, además de que los tiempos de mantenimientos no son medidos y los de operación están aparte, y tampoco se tratan ni procesan esos datos.

Control de costos: tiene un FC porque solamente se maneja la comparación del costo real con el presupuesto, pero no se aplican reportes que permitan ver varias perspectivas, además de utilizar índices.

Utilización de KPI: tiene un FE porque no se tiene definido algún KPI que pueda medir y controlar algún aspecto de la gestión del mantenimiento.

Proyecciones y pronósticos para la planificación: tiene un FE porque la planificación se fundamenta en consideraciones subjetivas y no en el CMD, o tratamientos estadísticos, también que no se realizan pronósticos. En otras palabras, no se proyecta cual será el comportamiento futuro de las máquinas para mejorar la planificación del mantenimiento.

Implementación de un tipo de táctica: aunque la implementación de un tipo de táctica está fundamentada en la planificación y de acuerdo al comportamiento de las máquinas, la empresa por medio de la práctica ha organizado sus acciones, sin embargo, falta definir las claramente en un plan, por lo que tiene un FE.

Evaluación interna del mantenimiento: tiene un FE porque la empresa no cuenta con un método de diagnóstico de la gestión del mantenimiento.

Valoración del mantenimiento: aunque la empresa está consciente del valor del mantenimiento para maximizar la disponibilidad de los equipos, se percibió de mayor importancia producción ya que no hay interés por mejorar la gestión de mantenimiento por el simple hecho de que no se han percibido baja productividad y paros no planeados fuera de lo normal, por lo que tiene un FC.

Justificación del mantenimiento: tiene un CS porque la empresa justifica los costos de mantenimiento, es decir, no tiene tendencia de no aplicar mantenimientos necesarios por el simple hecho de recurrir a costos.

Conciencia en la mejora: tiene un FE porque se percibió que no hay pensamientos claros de mejora y que si se define un proyecto de mejora se tiene que hacer una gran inversión. Puede ser un peligro para la competitividad de la empresa pensar que las mejoras necesitan

de grandes inversiones, ya que un buen proyecto de mejora consiste en aumentar en la eficiencia, eficacia, calidad, productividad y competitividad con el recurso mínimo posible o el necesario que justifica la inversión.

Es importante recordar que las fallas circunstanciales (FC) hacen perder la eficacia y eficiencia en el largo plazo si no se corrigen, es decir que actualmente o el corto plazo no. Se piensa que en el futuro cambiará la situación ya sea por crecimiento de la empresa o nuevos comportamientos de las máquinas y que por tanto es necesario definir y mejorar los puntos con FC. Mientras que las fallas estructurales (FE) hacen perder a lo inmediato la eficacia y eficiencia del mantenimiento, por lo que la corrección o mejora debe ser a lo inmediato.

A continuación, se presenta el resumen de la evaluación por indicador y general.

*Cuadro 2. Resumen de evaluación de la gestión de mantenimiento.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Indicador				Total	Por	
	CS	FC	FE		Puntuación	mejorar
Acciones de mantenimiento	2	2	0	4	75%	25%
Flujo de trabajo	1	1	0	2	75%	25%
Fundamento de la gestión	0	0	3	3	0%	100%
Información	0	0	2	2	0%	100%
Manejo de recursos materiales	1	4	0	5	60%	40%
Percepción	1	1	1	3	50%	50%
Recursos Humanos	3	0	1	4	75%	25%
Tratamiento de información	0	1	2	3	17%	83%
<b>General</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>48%</b>	<b>52%</b>

Se puede observar el conteo de los criterios para cada indicador, por ejemplo, el indicador “Acciones de mantenimiento” tiene 2 CS y 2 FC dando un total de 4 aspectos evaluados. Para la obtención de la puntuación se codificaron los criterios de evaluación, el CS en 1, el FC en 2 y el FE en 3, la obtención de la puntuación se realizó mediante la siguiente formula.

$$Puntuación = 0.5 \left( 3 - \frac{(conteo\ CS * 1) + (conteo\ FC * 2) + (conteo\ FE * 3)}{Total\ conteos} \right)$$

Donde:

Puntuación es igual al número de 0 a 1 que define el resultado de la evaluación. Si se desea ver en porcentaje solo se multiplica por 100.

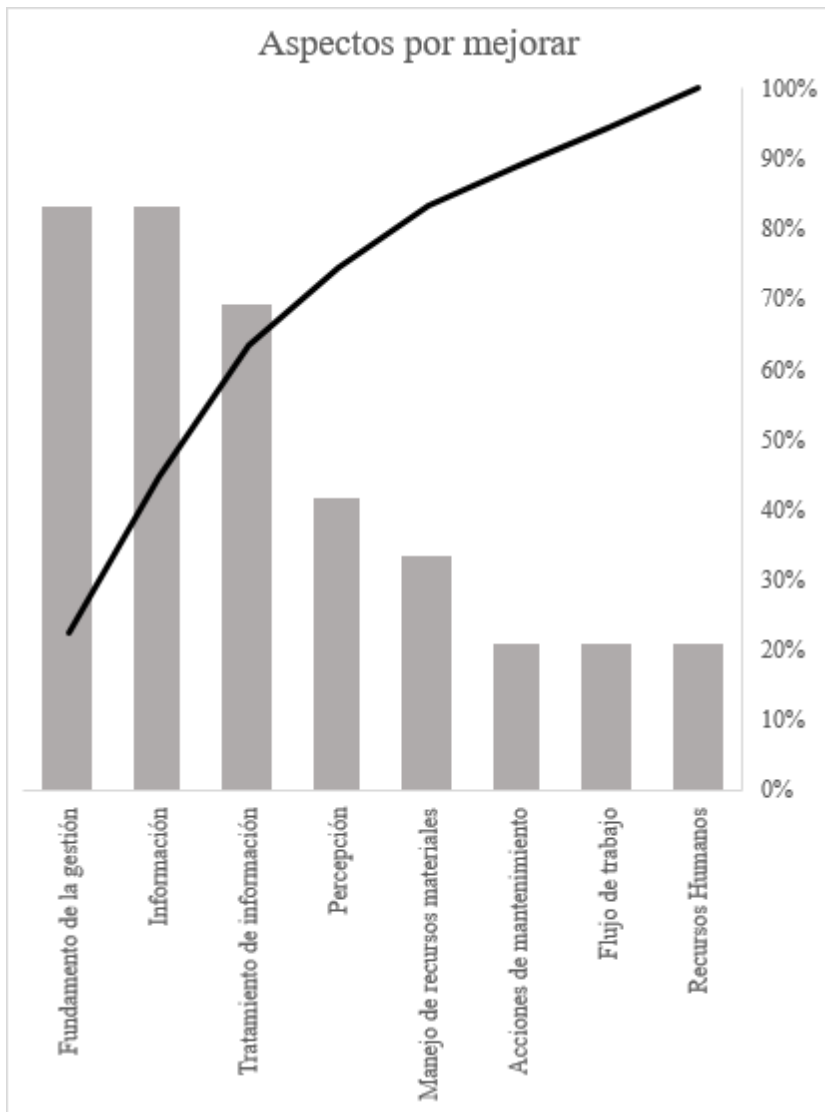
Conteo CS es la cuenta de los CS, así respectivamente con conteo FC y conteo FE.

Total conteos es igual al total de cuentas de todos los criterios.

La fórmula hace que los CS brinden máximo puntaje, los FC la mitad del máximo y los FE con un valor nulo. Y la puntuación “por mejorar” es la resta de 1 – la puntuación, si se desea ver en % se multiplica por 100.

Puede observarse que la gestión de mantenimiento en general tiene una puntuación de 48.08% lo que indica que hay bastante oportunidad de mejora, además de que existen deficiencias que afectan en el corto plazo, y deficiencias que, aunque no afecten en lo inmediato si pueden hacerlo en el largo plazo.

Para ver las debilidades se toma en cuenta los aspectos que tienen que mejorarse más, ya que indican que existen más FE o FC, y, por lo tanto, se debe enfocar más en esos.



*Ilustración 20. Debilidades de la gestión de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.*

En el gráfico de Pareto puede notarse que los aspectos con más debilidades son el fundamento de la planificación, la información y el tratamiento de la información, ya que casi representan la mayor parte de las debilidades. Es decir que, si se enfoca en mejorar esos aspectos, mayor impacto positivo tendrá la gestión del mantenimiento en esta empresa. Cabe señalar que la gráfica representa el 52% por mejorar, lo que equivale decir que la puntuación general de 48% corresponde a lo que la empresa hace bien en la gestión del mantenimiento en una escala de 0 a 100 %, mientras que la oportunidad por mejorar de 52% representa las debilidades que la empresa tiene en la gestión del mantenimiento en una escala de 0 a 100%.

### **4.1.3. Herramientas para mejorar la gestión**

En base a la evaluación hecha se realizó una propuesta que permita mejorar la información, el tratamiento de la misma y el fundamento de la gestión.

La propuesta puede dividirse de la manera siguiente:

- Diseño de un aplicativo para asistir la gestión de mantenimiento por computadora y manejo automático de la información.
- Diseño de un modelo de datos que permita tratar la información, realizar cuadros de control, y llevar control del mantenimiento con el CMD.
- Recomendar ciertas directrices para la interpretación de los distintos parámetros del CMD, y otros indicadores con el fin de utilizarlo para la planificación y la toma decisiones estratégicas del mantenimiento.
- Rediseño del sistema o proceso de mantenimiento.

Lo anterior permite al menos mejorar la mayor parte de los puntos evaluados con FE.

#### **Aplicativo asistido por computadora**

Aunque no necesariamente se requiere de aplicativos para llevar una buena gestión, permiten facilitarla en gran manera. No se realizó una propuesta en base a uso de formularios físicos que midan los tiempos de operación y mantenimiento, y de tratamiento manual de la información ya que necesita tiempo considerable para realizar el trabajo, es decir que es necesario la apertura de un nuevo puesto y como se sabe, no es posible por la situación que lleva la empresa. Por lo que mejor se propone un aplicativo automatizado de manera que los puestos actuales puedan ejercer el trabajo para la recolección y manejo de la información, sin necesidad de invertir en mucho tiempo para poder lograrlo.

En la actualidad existen un sin número de software para gestionar la información del mantenimiento, la mayoría son de pago por producto o servicio, y por lo general se debe configurar la aplicación alimentando primeramente los catálogos o listas tales como: máquinas, repuestos, proveedores, personal, entre otros.

Comparando la teoría acerca del manejo de la información, los documentos, y manejo de inventarios (los mencionados anteriormente corresponden al nivel instrumental de mantenimiento) y la descripción de la situación actual de la empresa, permite concluir que

puede ser provechoso integrar esos elementos en un aplicativo sencillo, práctico y flexible de manera que registre la información en tablas, construir un modelo de datos, y controlar los valores de costos y los tiempos para determinar CMD, índices, entre otros.

Para lo anterior se auxilió de Excel usando formularios y programando el libro con Visual Basic for Application (VBA) de manera que registre la información a tablas, la cuáles pueden ser procesadas por el modelo de datos (Power pivot), o bien, una aplicación externa que conecte con los datos y los analice como puede ser Power BI.

Las ventajas del aplicativo son:

- La sencillez y flexibilidad, a diferencia de los softwares actuales que contienen elementos complejos que son mejor aplicados a empresas de mayor tamaño. Es decir, que se ha diseñado de manera práctica y sencilla y que no requiere mucho entrenamiento, además de que se ajusta a la realidad de la empresa.
- Dar seguimientos a las órdenes de trabajo sin necesitar de un catálogo o lista previamente, puesto que registra simultáneamente los datos a las listas cada vez que se identifique un nuevo elemento como: máquina, personal, repuesto, insumo, etc.

Entre las desventajas encontradas es que, puede que se requiera de tener conocimiento intermedio de Excel, y que algunos campos cualitativos de entradas de los formularios están expuestos a error de digitación.

A continuación, se explica de manera general el manejo y funcionamiento.

*Hoja principal (Ver anexo 5.1.):* funciona como pantalla principal y es la única hoja visible en el entorno Excel, pues las demás está ocultas para no interactuar con ellas. Tiene cinco botones que llaman a los diferentes formularios. Los formularios son: pedido de trabajo, seguimiento de trabajo, stock, planilla de tiempo de útiles, y lista de máquinas.

*Formulario pedido de trabajo (Ver anexo 5.2.):* permite generar una demanda de mantenimiento con un código único de identificación. Su llenado es rápido y fácil.

*Formulario de seguimiento del pedido de mantenimiento (Ver anexo 5.3.):* en este formulario se da el seguimiento a las demandas de mantenimiento. El proceso consta de varios estados que son:

- Abierta: cuando se está preparando el trabajo de mantenimiento. Por ejemplo, cuando la empresa está en la parte de cotizaciones a 3 proveedores diferentes. El estado “Abierta” quiere decir que se está preparando el trabajo y está en proceso, aquí los tiempos medidos son los de demora administrativa y logística (LDT).
- Cerrada: de “Abierta” pasa a “Cerrada” cuando se cancela el trabajo de mantenimiento por no aprobación del gerente.
- Emitida: de “Abierta” pasa a “Emitida” cuando se emite la orden de trabajo porque el pedido de mantenimiento fue aprobado y ya se tiene preparado el trabajo, es decir que ya se cuenta con el proveedor de servicio técnico, los consumibles a utilizar y la fecha y hora para ejecutar las acciones. En esta parte termina de medir los tiempos administrativos y logísticos y empieza a medir los tiempos de mantenimiento (TTR o Mp). Así mismo mide los tiempos de operación (UT, TBF) consultando los datos de la planilla de tiempos útiles.
- Completada: de “Emitida” pasa a “Completada” cuando se ejecutaron las acciones. Se realiza el reporte de mantenimiento. Aquí termina de medir los tiempos de mantenimientos.

Como se puede ver, se ha definido de una manera lógica los diversos estados que puede pasar el proceso de ejecutar un mantenimiento, desde que es detectado la demanda hasta ser completado.

Este formulario se caracteriza por ser de multi pestañas, donde cada pestaña configura diferentes aspectos del proceso de mantenimiento.

- *Pestaña “información de OT”*: en esta pestaña están todos los campos de información que se llenaron en el formulario de pedido de trabajo, su propósito es mostrar la información del pedido.
- *Pestaña “carga de trabajo” (Ver anexo 5.3.1.)*: es una pestaña para configurar si el servicio técnico es interno o tercero, quién será el técnico responsable y registrar la empresa proveedora del servicio.
- *Pestaña “consumibles” (Ver anexo 5.3.2.)*: es una pestaña para configurar los consumibles (repuestos o insumos) a necesitar, verifica si hay consumibles en Stock y realizar movimientos de inventario, si no hay Stock, entonces emite un aviso de que



se requiere cotizar y determinar cuando el consumibles está listo o que ha sido comprado.

- *Pestaña “procedimientos” (Ver anexo 5.3.3.):* es una pestaña que determina los procedimientos e instrucciones a seguir. Una vez completado esta parte, la OT cambia a estado “Emitida” e imprime la OT. Cabe señalar que también automáticamente se determinan los tiempos útiles entre fallas y el tiempo administrativo y logístico.
- *Pestaña “reporte” (Ver anexo 5.3.4.):* es una pestaña donde se registra las tareas realizadas, sugerencias, y se evalúa el trabajo hecho una vez terminado el mantenimiento. Al final la OT cambia a estado “Completada” e imprime el reporte. Aquí el formulario automáticamente determina el tiempo de mantenimiento.
- *Pestaña “cerrar OT” (Ver anexo 5.3.5.):* solamente es válido cuando la OT está en estado “Abierta”, es decir cuando está en proceso de preparación del trabajo. Equivale a cancelar un pedido de mantenimiento, y se registra el motivo de la cancelación.

*Formulario Stock de mantenimiento (Ver anexo 5.4.):* en este formulario se puede realizar movimientos de entrada y salidas de consumibles fuera de una OT. Sirve para gestionar y actualizar el Stock. También se puede llamar a otro formulario que permite añadir nuevos repuestos o insumos a la lista de consumibles.

- *Formulario Nuevo consumible (Ver anexo 5.4.1.):* sirve para el registro de nuevos repuestos o insumos, se especifica a que máquina corresponde. Para repuestos o insumos genéricos se pueden especificar varias máquinas a la vez.

*Formulario Planilla UT (Ver anexo 5.5.):* se debe recordar que la empresa diariamente mide los tiempos de operación de las máquinas con el fin de calcular costos energéticos. También se utilizarán esos datos para alimentar diariamente la planilla de tiempos útiles o Up Times (UT) para que en el momento de levantar un pedido y emitir una orden de mantenimiento la aplicación identifique automáticamente los tiempos de operación entre fallas. Aunque sea un registro diario, el tiempo que se demora en digitarlo puede ser menos de un minuto.

*Formulario Lista de máquinas (Ver anexo 5.6.):* este formulario sirve para consultar la lista de máquinas, además de especificar al sistema o línea el que pertenece la máquina o equipo ya que cuando se agrega una nueva máquina desde el formulario “pedido de trabajo”

no se define el sistema o línea al que pertenece. Identificar el sistema o línea es necesario ya que es por la cual se resumen los tiempos de operación, por ejemplo, el tiempo de operación de la línea de trillo es igual al tiempo de operación de las máquinas de este como lo son: los elevadores, pre limpiadora, catadora de succión, peladora, etc. Lo que diferencia son los fallos ocurridos ya que se especifican según el equipo o máquina.

El formulario puede llamar a tres pequeños formularios que son:

- *Formulario para especificar el sistema o línea al que pertenece una máquina o equipo (Ver anexo 5.6.1.):* Si en la lista hay una máquina que no tiene especificado el sistema o línea al que pertenece entonces permite grabarlo.
- *Formulario “registro de nueva máquina” (Ver anexo 5.6.2.):* por medio de este formulario se añade una nueva máquina en la lista de máquinas.
- *Formulario “registro de nuevo sistema” (Ver anexo 5.6.3.):* por medio de este formulario se puede definir una nueva línea o sistema con la cual trabajar. También se puede editar el tipo de control, cuando es “CMD” el aplicativo realiza los procedimientos para calcular los tiempos, si es “No”, el aplicativo no calcula los tiempos ya que no se trabajarán con ello. Por ejemplo, el sistema de pesaje no lleva control CMD ya que es muy difícil calcular los tiempos reales que operan las básculas.

Cabe señalar que el aplicativo imprime la orden de trabajo y el reporte de trabajo en un formato estandarizado, guarda copias en archivos pdf (Ver anexo 5.6.4.) y deja grabados los datos en las tablas que funcionan como bases de datos.

Como puede observarse, con el aplicativo puede manejarse la información de manera más práctico y rápido lo que aumenta la productividad, además de que normaliza el llenado, origina información de calidad y permite asegurar que los procedimientos se hagan correctamente, así como el tener soporte y pruebas sólidas de la buena ejecución de la gestión del mantenimiento.

## Tratamiento de los datos

No solamente basta con originar información para tener registros que avalen un correcto seguimiento y gestión del mantenimiento, sino que es necesario el tratamiento de los datos para obtener información relevante para la gestión del mismo.

Debido a que el aplicativo mide los tiempos de demoras logísticas y administrativas, tiempos de mantenimientos, y tiempos de operación de la máquina, también mide los costos detallados de los consumibles y costo general de la mano de obra, entonces es posible procesarlos y obtener la siguiente información:

- Disponibilidad puntual genérica, inherente y operacional.
- Indicadores MTBMc, MTB Mp, MTTR y Mp mediante distribución Weibull.
- Parámetros beta y eta de la distribución Weibull para confiabilidad y mantenibilidad.
- Disponibilidad genérica, inherente y operacional mediante distribución Weibull.
- Costos de mantenimiento.

En un archivo aparte de Excel se diseñó el modelo de datos (Ver anexo 6.) que conecte con el aplicativo. Para ello se utilizó Power Pivot.

El modelo de datos es el conjunto de tablas relacionadas con diferentes campos de las mismas. Lo anterior permite realizar consultas y procesar los datos para obtener información deseada para la gestión. Así mismo la transformación de los datos se hizo mediante fórmulas básicas de DAX para obtener algunas medidas como la disponibilidad, contadores, costos, entre otros, aunque es posible realizar cualquier medida según convenga la empresa, para obtener diferentes indicadores.

Por último, para tener a la vista la situación del mantenimiento y la maquinaria puede ser útil contar con un cuadro de mando (Ver anexo 7.) que funciona como un reporte dinámico que se actualizará cada vez que se alimenten datos nuevos desde el aplicativo.

Cabe destacar que el nivel y profundidad de análisis dependerá de la conveniencia de la empresa, sin embargo, se diseñó un modelo de datos de manera que cuando incrementa más datos históricos se puedan agregar diferentes perspectivas de análisis.

## **Directrices para la gestión de mantenimiento**

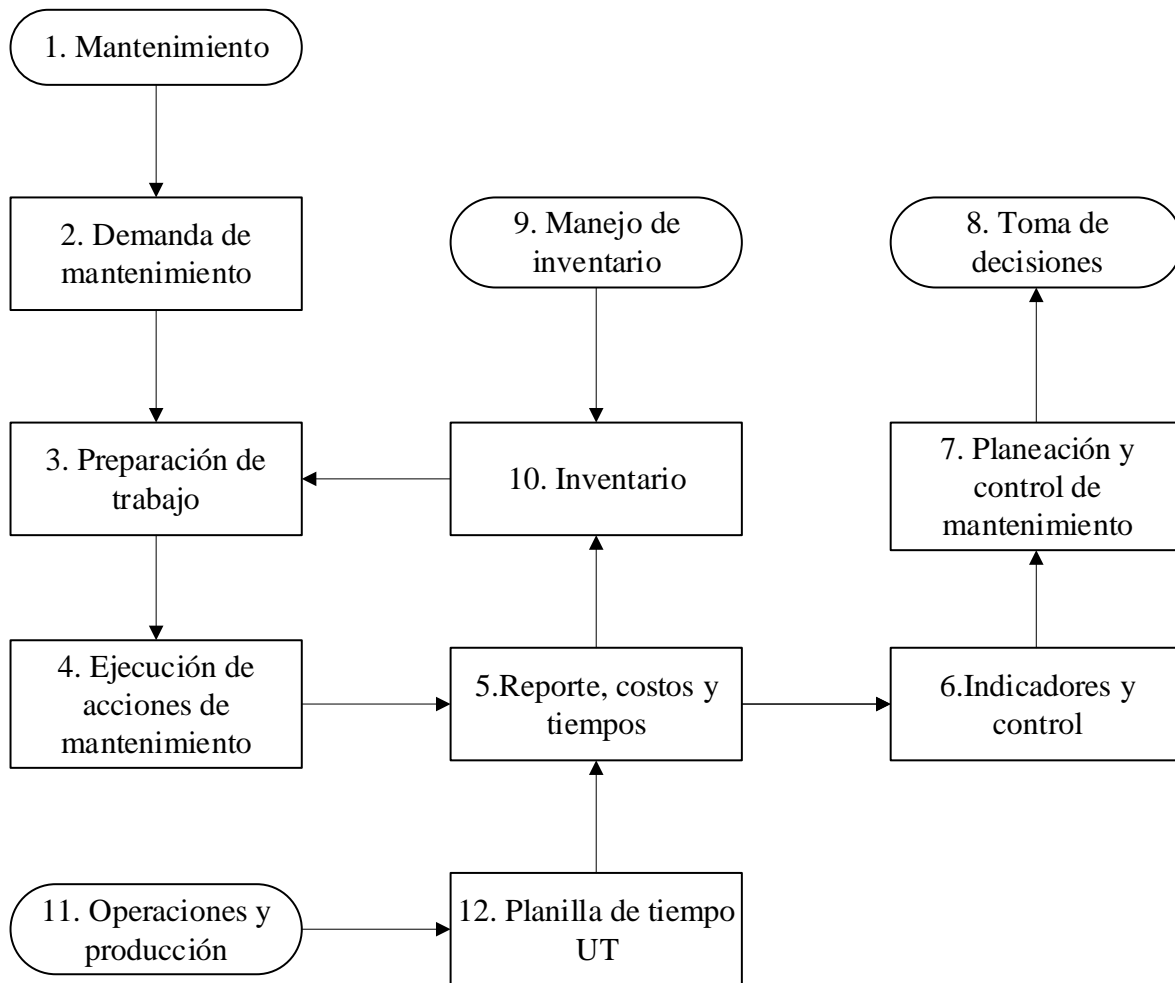
Fundamentar la gestión del mantenimiento mediante las mediciones del CMD, además de relacionarlos con los costos tiene más ventajas que fundamentarlo en las consideraciones subjetivas, ya que ofrece las bases para la proyección, planeación y control del mantenimiento. Básicamente las directrices son las mencionados en el punto 3.3. *El CMD: Confiabilidad – Mantenibilidad-Disponibilidad* del marco teórico.

La importancia de lo anterior radica no solo en la planeación y control, sino que, mediante el análisis de la confiabilidad de los equipos, la evolución y el pronóstico del parámetro beta, permite ubicar los equipos en un punto de la curva de la bañera, con el fin de establecer las tácticas que más se ajustan a la situación en el largo plazo. Mediante el análisis de la mantenibilidad es posible evaluar el mantenimiento con el fin de tomar acciones de mejoras.

Aunque actualmente la empresa no tiene problemas referentes al mantenimiento y no ha considerado necesario llevar un control mediante CMD, es importante recalcar que las máquinas siguen su vida útil y puede conllevar muchas sorpresas cuando su comportamiento cambie ya que no se tiene claro en que condición está la máquina. Por lo que es recomendable por los momentos alimentar la base de datos con los tiempos descritos y los costos mediante el aplicativo para que cuando haya datos suficientes, la planeación y control del mantenimiento se fundamente mediante la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos.

## **Rediseño del sistema mantenimiento**

Al asistir la gestión de mantenimiento por computadora cambia en cierta medida el sistema mantenimiento.



*Ilustración 21. Rediseño de sistema de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.*

1. Mantenimiento: se refiere al inicio del flujo del proceso de mantenimiento.
2. Demanda de mantenimiento: cuando esta es planificada es por el plan de mantenimiento preventivo y si no es planificada es por falla. La encargada de contabilidad graba la solicitud en el aplicativo y se abre la preparación del trabajo.
3. Preparación de trabajo: en la preparación de trabajo se realizan las decisiones del proveedor de servicio técnico, acciones a realizar, consumibles a utilizar, etc. Cada aspecto se edita y graba en el aplicativo. En esta parte se recibe información del inventario, las existencias y costos.
4. Ejecución de acciones de mantenimiento: después de la preparación de trabajo culminando con la orden de trabajo, se realizan las acciones de mantenimiento, es

decir que el servicio técnico realiza las inspecciones, reparaciones u otras actividades que tenga que ver con intervención de la máquina.

5. Reporte, costos y tiempos: después de finalizar las acciones, el servicio técnico comunica sobre las actividades realizadas mientras que sistema de gestión graba lo informado. El aplicativo también determina automáticamente los tiempos de operación entre el mantenimiento pasado y el actual tomando la información de la planilla UT, así mismo mide los tiempos de mantenimiento y logísticos restando fechas y horas del grabado del pedido, orden de trabajo y reporte.
6. Indicadores y control: la información obtenida de todo el proceso de mantenimiento descrito anteriormente se procesa y actualiza los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y costos presentados en el cuadro de control.
7. Planeación y control de mantenimiento: gerencia puede monitorear los datos actualizados y verifica las desviaciones con los pronósticos y realiza un análisis para toma de decisiones.
8. Toma de decisiones: al final, gerencia toma decisiones en cuanto al mantenimiento. Por ejemplo, continuar trabajando de la misma manera, realizar ajustes o monitorear indicadores si se está ejecutando proyectos de mejoras, por ejemplo, el subir la disponibilidad, la beta en mantenibilidad de acciones planeadas, o el MTBMc, etc.
9. Manejo de inventario: actividad dedicada al manejo de inventarios.
10. Inventario: en el aplicativo se tiene control de existencias y valor monetario total de cada parte, por lo que cada vez que haya una entrada fuera de una preparación de trabajo se tiene que grabar en el aplicativo. La encargada de contabilidad puede realizar el grabado.
11. Operaciones y producción: el operador mide el tiempo que la máquina está trabajando.
12. Planilla de tiempo UT: diariamente el operador está ingresando el tiempo total que operaron las máquinas.

Las mejores prácticas para este sistema radican en la comunicación y grabado de la información en el momento que están pasando los eventos (pedido, emisión de OT, cuando finalizó el mantenimiento). El manejo del aplicativo es sencillo rápido y varios usuarios pueden utilizarlo ya que puede estar compartido en SharePoint.

Entre los beneficios que se obtienen al implementar el sistema es la mejora de la productividad y mejores prácticas en la gestión de mantenimiento. Por ejemplo, la falta de soporte en los registros es corregida para tener soporte y registro tanto en digital como en físico. Cuantificar la gestión de mantenimiento mediante indicadores aceptados mundialmente permite basar la gestión no solo a percepción subjetiva. Lo anterior se traduce a encontrar oportunidades para reducir costos, justificar costos, mejorar la productividad y evitar costos por paros no planeados o por errores en la función de mantenimiento.

Se propone también aplicar el ciclo de mejora continua al sistema, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

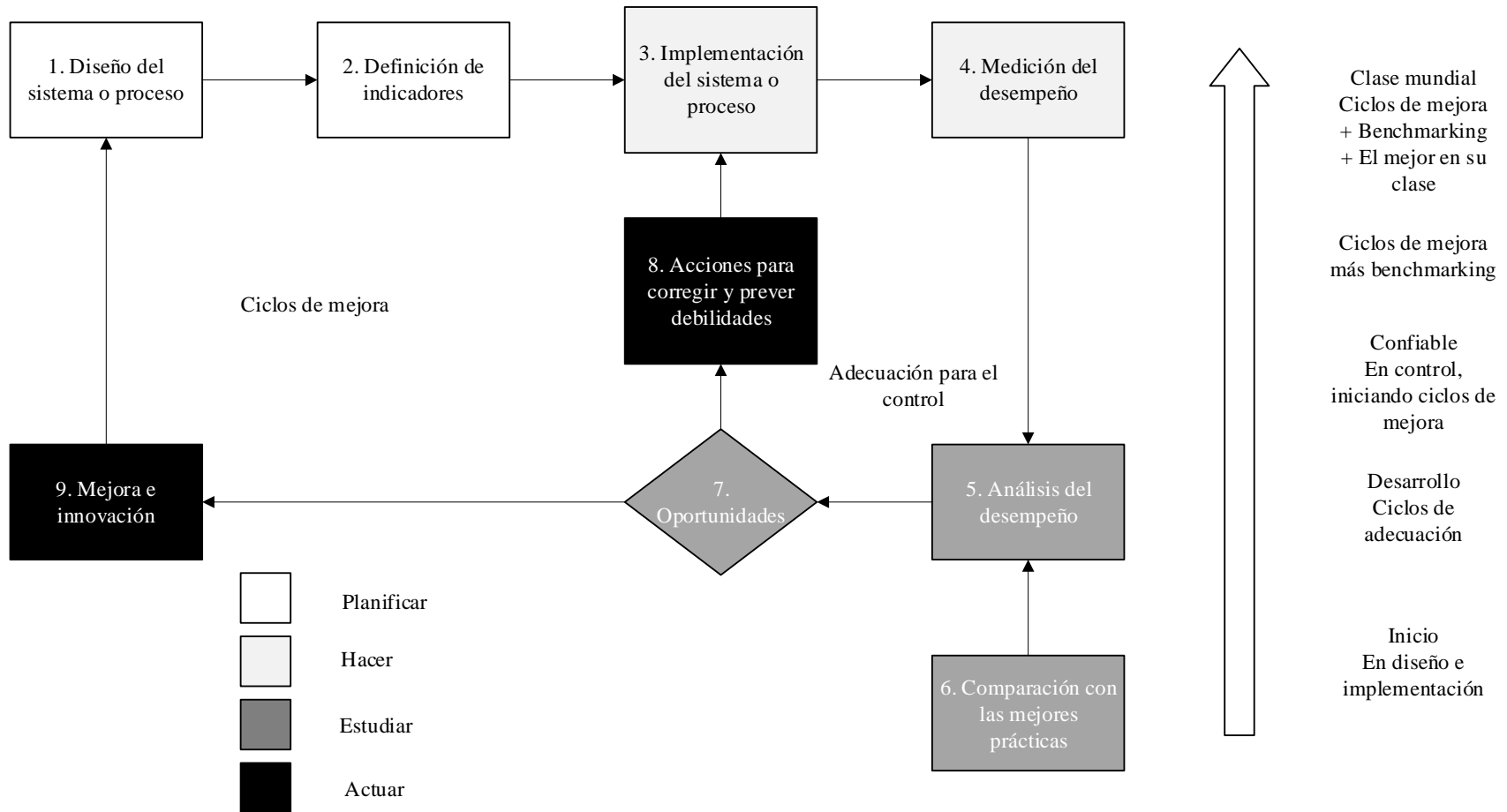


Ilustración 22. Ciclo de mejora para gestión de mantenimiento.  
Fuente: (Socconini, 2014).



## CAPITULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

Se concluye que:

- La empresa Las Nubes – INROCASA realiza actividades inherentes al mantenimiento compartidas con puestos multifuncionales ya que por el pequeño tamaño de la organización no se ha definido un área o función de mantenimiento con puestos específicos y especializados como lo son los técnicos, analistas y jefe de área. Los puestos multifuncionales que desarrollan estas actividades son: el gerente de beneficio, contador, operador, encargado de bodega de materiales y encargada de sistema de gestión. Las actividades que se desarrollan son: manejo de inventarios, acciones correctivas y preventivas, preparación de las intervenciones, registro de orden de trabajo y reporte de trabajo, análisis y relaciones con proveedores de servicio técnico y de consumibles, implementación de instrumentos como 5s, toma de decisiones para acciones a corto plazo, manejo de presupuesto anual y mensual.
- La gestión del mantenimiento de la empresa Las Nubes – INROCASA se caracteriza por tener un enfoque hacia las acciones, debido que todas las actividades desarrolladas e instrumentos con los que cuentan están orientados solamente para atender las intervenciones. En cuanto al control y planeación se caracteriza por fundamentarse con la experiencia y consideraciones subjetivas y solo se proyecta a eventos inmediatos. No se mide la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos con el fin de escalar enfoques tácticos y estratégicos, de igual manera los costos solo son medidos comparando desviaciones del presupuesto.
- Las herramientas propuestas para mejorar la gestión de mantenimiento consisten en una gestión asistida por computadora mediante un aplicativo en Excel, que sirve para recolectar información, tratar información y medir CMD y costos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda:

- Brindar capacitaciones al personal con roles relacionados con el mantenimiento para motivarlos a valorar y mejorar su trabajo.
- Realizar un manual de la gestión de mantenimiento en donde se describa con más detalle las actividades que se realizan y quiénes la realizan.
- Ejecutar planes de acción para convertir los aspectos evaluados que tienen fallas circunstanciales (FC) a cumplimiento satisfactorio (CS).
- Implementar el uso del aplicativo en Excel para medir los tiempos de los diferentes eventos (tiempos de operación entre mantenimientos, tiempos de mantenimiento, otros).
- Desarrollar un programa de capacitación en cuanto a la aplicación del CMD.
- Evaluar y medir la efectividad del nuevo sistema de gestión una vez implementado.

### 5.3. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. (2004). *Técnicas de mantenimiento industrial*.
- Amendola, L. (s.f.). *Indicadores de confiabilidad. Propulsores en la gestión del mantenimiento*. Obtenido de [klaron.net: http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gestión%20mantenimiento\\_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gestión%20mantenimiento_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf)
- Beneficio de café Las Nubes. (2019). *Manual de operaciones*. Matagalpa.
- Blandón, A., Rodríguez, E., & Sequeira, R. (2018). *Diseño de manual de mantenimiento preventivo asistido por computadora para la maquinaria CTP, Roland y Guillotina en impresiones Isnaya® Estelí, en el segundo semestre 2017*. Estelí: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Blandón, K., & Urrutía, Y. (2017). *Evaluación de riesgos laborales en la empresa de Beneficiado de Café Seco INROCASA, LAS NUBES en el municipio de Matagalpa durante el segundo semestre del año 2016*. Matagalpa: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- CNU. (s.f.). *Repositorio universitario de Nicaragua*. Obtenido de Consejo Nacional de Universidades:  
<http://repositorio.cnu.edu.ni/Search/Results?lookfor=Mantenimiento&type=AllFields>
- Fernández, E. (2018). *Gestión de mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. Universidad de Oviedo.
- García, S. (2009). *Auditorías de mantenimiento: que són, para qué sirven, cómo realizarlas*. Madrid: RENOVETEC.
- Google Maps. (2019).
- Hernández, D., & Davis, M. (2012). *PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO DE AUDITORIA INTERNA PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA CUPID S.A*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Llanes, A., Hernández, K., Betancourt, A., Lara, B., & Fernández, W. (3 de abril de 2006). *Indicador general para la determinación del Nivel de Gestión del Mantenimiento (INGM)*. Obtenido de [mantenimientoplanificado.com: http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gestión%20mantenimiento\\_archivos/Indicador%20General%20para%20la%20evaluación%20de%20la%20Gestión%20del%20Man....pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com: http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gestión%20mantenimiento_archivos/Indicador%20General%20para%20la%20evaluación%20de%20la%20Gestión%20del%20Man....pdf)
- Lucía, F. (1990). Criterios para la información de la gestión del mantenimiento. *Revista Mantenimiento*.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Prando, R. (1996). *Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida*. Guatemala: Piedra Santa.
- Socconini, L. (2014). *Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt: para la excelencia en los negocios*. Barcelona: Marge Books.
- Tavares, L. (2000). *Administración moderna de mantenimiento*. Brasil: Novo Polo.
- Velásquez, M. (2007). *Establecimiento de Costos y Controles de Mantenimiento en Equipos críticos y Operaciones Recurrentes en Refinería Managua con la Aplicación del Sistema Global de Confiabilidad (GRS)*. Managua: Universidad Americana.

# ANEXOS

## 1. Operacionalización de variables

Cuadro 3. Operacionalización de variables.  
Fuente: Elaboración propia.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicador	Pregunta o ítem	Fuentes	Técnicas
Gestión del mantenimiento	Forma de planeación, organización y control de todas las actividades inherentes al mantenimiento, con el fin de cumplir su función.	Actividades inherentes al mantenimiento	Operaciones físicas y de gestión del mantenimiento	Acciones de mantenimiento	¿Qué acciones de mantenimiento se reconocen en la empresa?	Histórico de Intervenciones Personal	Observación Entrevista
					¿En qué se caracterizan las acciones planeadas?	Histórico de Intervenciones Personal	Observación Entrevista
					¿En qué se caracterizan las acciones no planeadas?	Histórico de Intervenciones Personal	Observación Entrevista

					¿Existen las herramientas y destrezas necesarias para realizar las acciones?	Histórico de Intervenciones Personal	Observación Entrevista
				Manejo de los recursos humanos	¿Qué hace cada quién en mantenimiento?	Personal	Entrevista
					¿Cuándo hay subcontratación?	Personal	Entrevista
					¿Hay entrenamiento del personal?	Personal	Entrevista
				Manejo de los recursos materiales	¿Se maneja toda la maquinaria en documentación técnica?	Documentos Personal	Observación Entrevista
					¿Con qué herramientas e instrumentos cuenta para los mantenimientos?	Soportes Personal	Observación Entrevista
					¿Cómo maneja el inventario de repuestos e insumos?	Soportes Personal	Observación Entrevista

					¿Qué instrumentos genéricos utiliza y cómo las utiliza?	Soportes Personal	Observación Entrevista
					¿Qué instrumentos respecto a análisis de falla utiliza y cómo las utiliza?	Soportes Personal	Observación Entrevista
				Preparación del trabajo	¿Cuál es el flujo lógico de un trabajo de mantenimiento?	Personal	Entrevista
					¿Cómo prepara un mantenimiento?	Personal	Entrevista
		Caracterización de la gestión de mantenimiento	Grado de aplicación de los niveles del mantenimiento	Métodos de recolección de información	¿Qué instrumentos y procedimientos se realizan para la recolección de la información?	Soportes Personal	Observación Entrevista
					¿Qué información se recolecta?	Soportes Personal	Observación Entrevista



				Manejo y tratamiento de la información	¿Qué se maneja en cuanto a los índices CMD?	Soportes Personal	Observación Entrevista
					¿Qué se maneja en cuanto a los costos?	Personal	Entrevista
					¿Qué se maneja en cuanto a los KPI?	Personal	Entrevista
				Métodos de planificación y organización de las acciones de mantenimiento	¿En qué se fundamenta para la planificación y organización del mantenimiento?	Personal	Entrevista
					¿Qué plan o táctica se sigue y cómo se sigue?	Personal	Entrevista
					¿Cómo evalúa y controla su gestión del mantenimiento?	Personal	Entrevista
				Valorización y percepción del mantenimiento	¿Qué valorización le otorga al mantenimiento?	Personal	Entrevista

					¿Considera justificados los costos de mantenimiento?	Personal	Entrevista
					¿Si valora el mantenimiento, considera que debe mejorar su gestión?	Personal	Entrevista

## 2. Entrevista semi estructurada

<b>Nombre de la empresa:</b> <b>Fecha y hora:</b>	<b>Nombre:</b> <b>Cargo:</b>
<b>Objetivo:</b> Recolectar información que permita describir las actividades de mantenimiento y caracterizar la gestión del mantenimiento en la empresa Las Nubes - INROCASA	
<b>Descripción del instrumento:</b> Entrevista	
<b>Dimensión: Actividades del mantenimiento</b>	
<b>Acciones de mantenimiento</b>	
1. ¿Qué acciones de mantenimiento se reconocen en la empresa? Información requerida: Acciones de mantenimiento, máquinas a las cuáles se aplica, verificar si distinguen las acciones planeadas con las no planeadas.	
2. ¿En qué se caracterizan las acciones planeadas? Información requerida: Verificar que cuentan con un plan de mantenimiento, que elementos de planes tienen y en qué se fundamentan, profundizar sobre la efectividad del plan, en qué máquinas la aplican, cada cuánto se hace, si tienen provisto el presupuesto del plan, si sus planificaciones van de acuerdo al plan, si existen estándares de tareas y tiempos empleados, si comparan las desviaciones, si se planean las paradas y si se ejecuta el mantenimiento conforme al plan.	
3. ¿En qué se caracterizan las acciones no planeadas? Información requerida: Cómo reaccionan ante mantenimientos que no han sido planeados, qué proceso siguen para dar seguimiento a acciones no planeadas, aspectos más importantes de sus experiencias pasadas.	
4. ¿Existen las herramientas y destrezas necesarias para realizar las acciones?	

Información requerida:

Qué habilidades tienen el personal actual de mantenimiento, en cuánto a gestión y oficio técnico, enumeración de los instrumentos que cuentan para realizar los mantenimientos,

### **Manejo de recursos humanos**

5. ¿Qué hace cada quién en mantenimiento?

Información requerida:

Identificar sobre los roles y funciones del personal involucrado en mantenimiento, cómo está organizado y estructurado las funciones de mantenimiento

6. ¿Cuándo hay subcontratación?

Información requerida:

Cuáles son los contextos para requerir subcontratación, acerca de sus relaciones con los proveedores de servicio técnico y sobre los servicios

7. ¿Hay entrenamiento del personal?

Información requerida:

Acerca de los entrenamientos, los programas o planes, los objetivos, alcances, logros, si existe un presupuesto para el entrenamiento, quiénes se encargan de capacitar, si existe necesidad

### **Manejo de los recursos materiales**

8. ¿Se maneja toda la maquinaria en documentación técnica?

Información requerida:

Revisión de los documentos, si cuentan con dibujos técnicos, existencias de manuales para reparación, aplicación de archivística, copias, quién puede consultar y en qué contextos es que se consultan

9. ¿Con qué herramientas e instrumentos cuenta para los mantenimientos?

Información requerida:

Si cada trabajador tiene sus instrumentos, si son suficientes para los trabajos, recopilar la descripción de los instrumentos que usan, los sitios donde lo disponen y su conveniencia, si realizan inventarios

10. ¿Cómo maneja el inventario de repuestos e insumos?

Información requerida:

Existencia de catálogos de piezas e insumos por máquina, si hay clasificación coherente, acerca de las entradas y salidas de las partes y los procedimientos, manejo de la disponibilidad y las reservas, el control de las reservas, respecto al suministro y relación con los proveedores, control de demandas, valor, entre otros

11. ¿Qué instrumentos genéricos utiliza y cómo las utiliza?

Información requerida:

Qué instrumentos aplican y cómo las aplican, la efectividad alcanzada, logros y aprendizajes, cómo mejora el mantenimiento

12. ¿Qué instrumentos respecto a análisis de falla utiliza y cómo las utiliza?

Información requerida:

Manejo y control de las fallas, los instrumentos que aplican para analizar las fallas, logros y aprendizajes alcanzados, cómo mejora el mantenimiento

### **Preparación del trabajo**

13. ¿Cuál es el flujo lógico de un trabajo de mantenimiento?

Información requerida:

Cuáles son los pasos a pasos para atender una demanda de mantenimiento hasta completarlo, detallar lo que pasa en diferentes circunstancias y cuáles han sido los casos más complejos

14. ¿Cómo prepara un mantenimiento?

Información requerida:

Los elementos, instrumentos, y procedimientos necesarios para preparar los diferentes tipos de mantenimiento

### **Dimensión: Caracterización de la gestión**

#### **Métodos de recolección de información**

15. ¿Qué instrumentos y procedimientos se realizan para la recolección de la información?

Información requerida:

En la preparación y seguimiento del mantenimiento, en qué parte recolectan la información, cómo la recolectan y quiénes la recolectan. Qué información ocupa para la preparación de intervenciones tanto planeadas como no planeadas

16. ¿Qué información se recolecta?

Información requerida:

Durante la preparación, después de la preparación y durante la intervención, qué información recolectan

### **Manejo y tratamiento de la información**

17. ¿Qué se maneja en cuanto a los índices CMD?

Información requerida:

Tipo de disponibilidad que se sigue para las máquinas, seguimiento de la confiabilidad y mantenibilidad, que grado de aplicación se les da, quien se encarga de tratar los datos, se conoce los tiempos útiles y los Down time, cada cuánto se realizan los cálculos

18. ¿Qué se maneja en cuanto a los costos?

Información requerida:

El conocimiento de los costos globales y detallados de mantenimiento, cómo reportan los costos y quién los reporta, análisis de los costos con la inversión del equipo, aplicación de contabilidad analítica

19. ¿Qué se maneja en cuanto a los KPI?

Información requerida:

Existencias de índices para comparaciones de costos, establecimientos de objetivos, desviaciones del objetivo, cómo se les da seguimientos a los índices, manejo y seguimientos de índices en cuanto a carga de trabajo, mantenimientos, tiempos, entre otros. Aprendizaje, logros, efectividad de los índices.

### **Métodos de planificación y organización de las acciones de mantenimiento**

20. ¿En qué se fundamenta para la planificación y organización del mantenimiento?

Información requerida:

Verificar si se utiliza el CMD, costos o KPI para planificar y organizar el mantenimiento en el corto plazo y mediano plazo, en caso de no, averiguar cómo planifican y organizan los mantenimientos

21. ¿Qué plan o táctica se sigue y cómo se sigue?

Información requerida:

Cuáles son las tácticas que se implementan, efectividad de la táctica, si se fundamenta en el CMD, cuál es la política y plan, cómo se sigue y en qué se fundamentan

22. ¿Cómo evalúa y controla su gestión del mantenimiento?

Información requerida:

Verificar que elementos considera y utiliza para evaluar el mantenimiento, además de controlarlo, si es por medio de los KPI, costos o CMD, si no, por medio de qué

### **Valorización y percepción del mantenimiento**

23. ¿Qué valorización le otorga al mantenimiento?

Información requerida:

El concepto personal de mantenimiento, y por qué es importante, su nivel de valor en cuanto a producción y mantenimiento

24. ¿Considera justificados los costos de mantenimiento?

Información requerida:

Averiguar acerca de los costos, hasta cuanto consideraría costear el mantenimiento, fundamentarse en porqué justifica los costos

25. ¿Si valora el mantenimiento, considera que debe mejorar su gestión?

Información requerida:

Consideración personal de la situación del mantenimiento en la empresa, que debería mejorar y porqué se debería mejorar

### 3. Hoja de evaluación

<b>Ficha de evaluación Gestión de Mantenimiento</b>			
<b>Empresa:</b>			
<b>Fecha:</b>			
<b>Terminología:</b>			
Falla Estructural (FE): Significa tareas gerenciales de mantenimiento mal desarrolladas o no ejecutadas y que ponen en peligro inmediata la eficiencia y eficacia del mantenimiento y, en consecuencia, debilitan a la organización ante la competencia			
Falla Circunstancial (FC): Similar al FE, difiriendo sólo en que el peligro no es inmediato			
Cumplimiento Satisfactorio (CS)			
<b>Categorías</b>	<b>FE</b>	<b>FC</b>	<b>CS</b>
Acciones de mantenimientos conocidos			
Plan de mantenimiento preventivo			
Evaluación y control del plan de mantenimiento			
Reacción en los mantenimientos correctivos			
Habilidades conocidas y requeridas			
Estructura y organización de las funciones			
Manejo de la subcontratación			
Entrenamiento del personal			
Documentación técnica adecuada			
Suministro de herramientas e instrumentos			
Manejo de los inventarios de consumibles			
Utilización de instrumentos genéricos			
Utilización de instrumentos específicos			
Protocolo del flujo de trabajo			
Preparación del mantenimiento			
Recolección de la información			
Calidad de la información			
Control con CMD			
Control de los costos			
Utilización de KPI			
Proyecciones y pronósticos para la planificación			
Implementación de un tipo de táctica			
Evaluación interna del mantenimiento			
Valorización del mantenimiento			
Justificación del mantenimiento			
Conciencia en la mejora			



#### 4. Cronograma de actividades

En el cronograma se reflejan dos fases de la investigación, la primera corresponde a la elaboración del protocolo y la segunda fase a la elaboración del informe final.

Actividad	Septiembre				Octubre					Noviembre				Diciembre				Enero				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
<b>Fase 1: Construcción de protocolo</b>																						
Elección e inscripción del tema			x																			
Aprobación de tema y contacto con tutor				x																		
Visita a empresa para acordar realización de investigación					x																	
Plateamiento del problema						x																
Formulación de objetivos						x																
Formulación de justificación						x																
Revisión de la literatura y construcción de marco referencial			x	x	x		x	x	x													
Diseño de la metodología de la investigación									x	x												
Finalización del Protocolo											x											
<b>Fase 2: Construcción del reporte final</b>																						
Validación de instrumentos											x											
Aplicación de instrumentos												x										
Tabulación de datos y análisis de resultados												x	x									
Elaboración de reporte															x							
Finalización y entrega de informe final																x						

## 5. Ventanas del aplicativo

### 5.1. Hoja principal



*Ilustración 23. Hoja principal de aplicativo.  
Fuente: Elaboración propia.*

Cada botón llama a un formulario según lo que se desee hacer.

## 5.2. Formulario pedido de trabajo

The image shows a software window titled "Pedido de Trabajo" with a close button (X) in the top right corner. Inside the window, the title "Nuevo Pedido de Trabajo" is centered at the top. Below the title, there are several form fields and controls, each marked with a circled number from 1 to 9:

- 1: "Tipo Mantenimiento" dropdown menu.
- 2: "Máq o Equipo" dropdown menu.
- 3: "Fecha" text box containing "01/11/2019" and "Hora" text box containing "10:32:11".
- 4: "Solicitante" dropdown menu.
- 5: "Prioridad" dropdown menu.
- 6: "Descripción de la falla" text box.
- 7: "Sugerencias" text box.
- 8: "Generar pedido" button.
- 9: "CódOT" text box.

Ilustración 24. Formulario pedido de trabajo.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Tipo mantenimiento: en este control se escoge el tipo de mantenimiento a realizar. Mediante clic en la lista aparecen las opciones “Correctivo” o “Preventivo”.
2. Máq o Equipo: en este control se selecciona la máquina o equipo a realizar mantenimiento. Mediante clic aparece la lista de máquinas, si se digita una nueva, al generar el pedido se verificará la nueva máquina para registrarla al catálogo.
3. Fecha y Hora: por defecto se llenan en los campos considerando el momento que se abre el formulario, pero si se edita, el programa valida que sean valores de fecha y hora. Estos datos representan la fecha y hora que se realizó el pedido.

4. Solicitante: en este campo se ingresa quién solicita el mantenimiento, en la lista aparecen el catálogo de personal que ha realizado solicitudes de mantenimiento en anteriores ocasiones.
5. Prioridad: en este campo se especifica el nivel de prioridad, la aplicación solo valida tres posibles que son: “Urgente”, “Necesario” y “Normal”. Esto permite clasificar los mantenimientos por prioridad.
6. Descripción de la falla: en este campo se describe de la falla (si se conoce) o bien el problema, en caso de ser un mantenimiento preventivo se puede digitar que no hay falla.
7. Sugerencias: en este campo se digita las sugerencias del solicitante. La descripción de este campo puede tomarse en cuenta al aprobar o no el pedido.
8. Generar pedido: este botón genera el pedido y un código único de identificación, y deja en estado “Abierta” la demanda para después dar seguimiento. De igual manera el botón valida que todos los campos de información hayan sido llenados correctamente antes de generar el pedido.
9. CódOT: muestra el código único de identificación. Cabe aclarar que el código se basa en la identificación de máquina y el número acumulado de demanda. Por ejemplo, si es la primera vez que se realiza un pedido de mantenimiento a una máquina aparecerá la identificación de la máquina y el número “00001” indicando que es el primer pedido, así sucesivamente va acumulando.

Luego de generar un pedido, se cierra el formulario, y los datos son grabados en las tablas de Excel automáticamente.

### 5.3. Formulario de seguimiento del pedido de mantenimiento

Seguimiento a OT

**Proceso Mantenimiento**

1 Código de OT  Estado de OT 2

Información de OT | Carga de trabajo | Consumibles | Procedimientos | Reporte | Cerrar OT

Tipo Mantenimiento

Máquina o Equipo

Solicitante

Prioridad

Descripción del problema

Sugerencia

Ilustración 25. Formulario de seguimiento de pedido.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Código de OT: al dar clic al botón de lista se presentan todos los trabajos de estado “Abierta” y “Emitida” ya que falta por darles seguimiento. Cada vez que se cambie

de código, todo el formulario actualizará la información que presenta, de acuerdo al código OT.

2. Estado de OT: permitirá identificar si está “Abierta” o “Emitida” la OT.

### 5.3.1. Pestaña carga de trabajo

Seguimiento a OT

**Proceso Mantenimiento**

Código de OT  Estado de OT

Información de OT **Carga de trabajo** Consumibles Procedimientos Reporte Cerrar OT

Servicio Técnico

Interno

Tercero

Meno de Obra

Proveedor

Encargado

Editar

Grabar Carga

Ilustración 26. Pestaña carga de trabajo.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Servicio Técnico: determina por medio de botones de opciones si el servicio técnico es interno o tercero. Primero debe seleccionarse este control para desactivar los campos proveedor y encargado.
2. Proveedor: se puede elegir un proveedor mediante la lista de catálogo, sin embargo, es posible registrar uno nuevo, luego el formulario lo añade al catálogo de proveedores de servicio técnico. Si el botón de opción “Interno” está activado, entonces la casilla se desactiva y asigna la empresa “La Nubes - INROCASA” como el proveedor.
3. Encargado: una vez determinado el proveedor, la lista del catálogo de encargado se actualiza de acuerdo al proveedor. Se puede agregar un nuevo encargado, la cual el formulario registrará al instante en el catálogo de encargado o técnicos.

4. Editar: el botón editar funciona para activar los controles de los botones de opción de servicio técnico y las casillas proveedor, y encargado. Cabe señalar que mientras el orden de trabajo esté en estado “Abierta” se puede editar en cualquier momento los datos, aunque hayan sido grabados.
5. Grabar Carga: una vez llenado la información del proveedor y el encargado, este botón graba los datos a las tablas de Excel, de igual manera valida las entradas de los datos y detecta cuando un proveedor o encargado no están registrados en el catálogo.

### 5.3.2. Pestaña Consumibles

Ilustración 27. Pestaña Consumibles.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Tipo de consumible: en esta casilla se especifica si es repuesto o insumos. Se entiende como repuesto aquel producto que es específico, o número de parte de una máquina o equipo mientras que los insumos son productos genéricos de mantenimiento.

2. Consumible: al dar clic en la lista desplegable se presentan el catálogo de consumibles según la máquina y el tipo de consumible. Si se digita un nuevo consumible, el aplicativo lo detectará y preguntará si se añadirá al catálogo. Se debe prestar mucha atención a los nombres que se le den a los nuevos consumibles. Así mismo, es posible que existan repuestos genéricos, por lo que al lado de la casilla hay un botón para consultar en la lista todos los consumibles de todas las máquinas. Si se agrega a la lista de consumibles, también añadirá al catálogo de consumibles por máquina.
3. QTY carga: en esta casilla se especifica el número de repuesto o insumo que se cargará en la orden de mantenimiento, el aplicativo solo acepta valores numéricos y que no sean cero.
4. En Stock: este botón valida que los campos tipo de consumibles, consumibles y QTY carga hayan sido llenados, luego lee si hay en inventario el consumible especificado, si no hay en inventario, entonces especifica que deben ser comprados o generar orden de compra.
5. Para OC: es una casilla informativa de la cantidad de consumible que debe cotizarse y comprarse.
6. Agregar consumibles: este botón graba a Excel la información, y realiza movimientos de inventarios y estado de los consumibles. Además, se visualiza la información en los cuadros de lista.
7. Lista de consumibles: aquí se visualizan todos los consumibles añadidos.
8. QTY: se visualiza la cantidad de consumible.
9. Estado: hay tres posibles estados, "Stock" indica que está en inventario y no necesita orden de compra. "OC" indica que necesita comprarse, primero se cotiza y se adquiere el consumible, "Listo" es cuando pasa de "OC" a "Listo", es decir, se adquirido el consumible.
10. Sub Total: se presenta el valor total en córdobas de las cantidades de consumibles. En el caso de los consumibles en estado "Stock", el valor Sub Total es igual al QTY por la razón del valor total en inventario y el total en existencia en inventario. Si son



consumibles en estado “OC” se debe especificar el valor, ya sea cotizando o en el momento de adquirir el consumible.

11. Eliminar: si se selecciona un consumible de la lista, hay posibilidad de eliminarlo mientras la orden no esté en estado “Emitida”, si el consumible proviene del inventario, automáticamente se realiza el movimiento de devolución.
12. Grabar: determina el costo total de consumibles.
13. Costos consumibles: se visualiza el costo Total.

### 5.3.3. Pestaña Procedimientos

Seguimiento a OT

**Proceso Mantenimiento**

Código de OT  Estado de OT

Información de OT | Carga de trabajo | Consumibles | **Procedimientos** | Reporte | Cerrar OT

Fecha Hora

1 Emisión   3 hrs LTD

Fecha Hora

2 Inicio de mantenimiento

Instrucciones de trabajo

4

Instrucciones de seguridad

5

UT antes de Mantenimiento  UT Sist

Editar Proc. Grabar Proc. Imprimir OT

7 8 9

Ilustración 28. Pestaña procedimientos.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Emisión: se especifica la fecha y hora que va a emitir la orden de trabajo. La fecha y hora del pedido de mantenimiento menos la fecha y hora de emisión de orden de trabajo da como resultado el LTD o tiempo de espera logístico. El LTD es el tiempo

que tarda gerencia en emitir una orden de trabajo, en otras palabras, el tiempo que tarda en cotizar, preparar y programar los recursos para aplicar mantenimiento tales como: repuestos, insumos, técnicos, instrucciones de trabajo y de seguridad, entre otros. Vale señalar que, el aplicativo lee y calcula el tiempo, pero hay flexibilidad en poder editar los campos. En caso que pase más de un día de espera, el aplicativo lee un día como 8 horas, el equivalente a una jornada laboral diaria.

2. Inicio de mantenimiento: se especifica la fecha y hora que iniciará el mantenimiento.
3. Hrs LTD: es el LTD o tiempo de espera logístico.
4. Instrucciones de trabajo: se detallan los pasos y actividades del mantenimiento que se realizará.
5. Instrucciones de seguridad: se detallan los aspectos de seguridad a seguir.
6. UT antes de mantenimiento: este dato es muy importante puesto que se especifica el total de tiempos útiles de la máquina, desde el último mantenimiento hasta el actual en orden. Este dato se va actualizando aparte mediante una planilla de tiempos, en formato físico, que consiste en ir midiendo el tiempo que la máquina ha estado operando.
7. Editar Proc.: cuando se accede a la pestaña procedimientos, todos los controles están bloqueados, pero cuando se da clic a este botón se desbloquean todos los controles para editar la información. De igual forma brinda el cálculo del LTD.
8. Grabar Proc.: valida que estén llenados todos los campos, y luego los graba a Excel.
9. Imprimir OT: una vez que se esté seguro de los datos grabados, tanto de la carga de trabajo, consumibles y procedimientos, se puede imprimir OT, la cual valida que todos los datos estén correctos y manda a guardar e imprimir los datos en un formato estándar. Después cambia el estado OT de “Abierta” a “Emitida”, indicando que se aprobó y que se realizará mantenimiento.

### 5.3.4. Pestaña Reporte

The screenshot shows a software window titled "Seguimiento a OT" with a close button (X) in the top right corner. The main heading is "Proceso Mantenimiento". Below this, there are two input fields: "Código de OT" with a dropdown menu showing "Seleccione OT abiertas" and "Estado de OT" with an empty text box. A navigation bar contains tabs: "Información de OT", "Carga de trabajo", "Consumibles", "Procedimientos", "Reporte" (which is highlighted with a dotted border), and "Cerrar OT".

The "Reporte" tab contains several sections:

- Fin de mantenimiento:** Two input fields for date and time, with a "2" callout pointing to the "hrs MTM" label.
- Devolución de consumibles:** A section with a "Consumibles" input field (callout 3), a "QTY" input field (callout 4), and a "Valor" input field (callout 7). To the right are buttons "8 Agregar Dev" and "9 Eliminar Dev". Below these is a "10 Valor Devolución" input field.
- Lista:** A table with three columns: "Lista" (callout 5), "Qty" (callout 6), and "Valor" (callout 7).
- Descripción de falla:** A large text area (callout 11).
- Acciones tomadas:** A large text area (callout 12).
- Sugerencias Técnicas:** A large text area (callout 13).
- Costo Servicio Técnico:** An input field (callout 14).
- Evaluación Mtto:** A dropdown menu (callout 15).
- Buttons:** "16 Editar Reporte" and "17 Generar Reporte" at the bottom.

Ilustración 29. Pestaña Reporte.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Fin de mantenimiento: se especifica la fecha y hora que finalizó el mantenimiento. Automáticamente el aplicativo lee la fecha y hora en la que se está editando el reporte.

2. Hrs MTM: es el tiempo de mantenimiento, es igual a la fecha y hora inicio de mantenimiento menos la fecha y hora final de mantenimiento. El aplicativo lo calcula automáticamente cuando se presiona el botón “Editar reporte”, aunque se puede ser definido por el usuario.
3. Consumibles: si hay devolución de algún consumible que no se haya usado o haya sobrado, entonces se elige en la lista el consumible a devolver.
4. QTY: se define la cantidad a devolver. El aplicativo no agrega si el QTY a devolver es mayor que el grabado en la orden.
5. Lista: visualiza los consumibles que se devolverán.
6. Qty: se visualiza la cantidad que se devolverán.
7. Valor: se visualiza el valor subtotal en córdobas. Es igual al QTY a devolver por la razón del Sub Total grabado y el Qty grabado en la orden.
8. Agregar Dev: agrega el consumible a la lista de devoluciones.
9. Eliminar Dev: elimina el consumible de la lista de devoluciones.
10. Valor Devolución: se visualiza el valor total en córdoba de devolución.
11. Descripción de falla: el usuario describe la falla según lo que informe el técnico, si es mantenimiento preventivo, entonces se debe entender como descripción de la condición del equipo cuando se aplicó el mantenimiento.
12. Acciones tomadas: se especifica que acciones de mantenimiento se realizaron. Puede describirse situaciones que no se planificaron en la orden de trabajo.
13. Sugerencias técnicas: se describe alguna sugerencia por parte del servicio técnico para retroalimentación.
14. Costo Servicio Técnico: se especifica el costo total del servicio técnico.
15. Evaluación Mtto: se evalúa el mantenimiento, si fue bueno, excelente, regular o malo.
16. Editar Reporte: este botón se activa cuando el estado OT está en “Emitida”. Sirve para desbloquear todos los controles de la pestaña Reporte, además que calcula inmediatamente el tiempo de mantenimiento.

17. Generar Reporte: se presiona cuando se está seguro de la información digitada, puesto que graba los datos a Excel, e imprime y guarda la información en un formato estándar. Luego cambia el estado OT de “Emitida” a “Completada”.

### 5.3.5. Pestaña Cerrar OT

Seguimiento a OT

**Proceso Mantenimiento**

Código de OT  Estado de OT

Información de OT | Carga de trabajo | Consumibles | Procedimientos | Reporte | **Cerrar OT**

Motivo de cierre o cancelación

1

Cerrar OT 2

Ilustración 30. Pestaña Cerrar OT.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Motivo de cierre o cancelación: se especifica por qué se cierra o se cancela el trabajo.
2. Cerrar OT: está activado solo cuando el estado de OT está “Abierta” y valida que la casilla motivo de cierre esté lleno e imprime en formato estándar la OT, luego cambia el estado de OT de “Abierta” a “Cerrada”.

#### 5.4. Formulario Stock de Mantenimiento

The screenshot shows a window titled 'Inventario' with a sub-header 'STOCK DE MANTENIMIENTO'. It features a search bar with the text 'chumade' and a list of items. The right-hand panel contains fields for 'Movimiento', 'QTY', and 'Valor Total', along with buttons for 'Grabar Movimiento' and 'Nuevo Consumible'. Eight numbered circles are placed over various elements: 1 (search input), 2 (table cell), 3 (empty input field), 4 (radio buttons), 5 (QTY input), 6 (Valor Total input), 7 (Grabar Movimiento button), and 8 (Nuevo Consumible button).

Nombre	QTY	Valor Total	Tipo
Chumacera NTZ 78	0	0	Repuesto

Ilustración 31. Formulario Stock de Mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Búsqueda por Nombre: cuando se escribe en esta casilla se filtra los consumibles y facilita la búsqueda.
2. Cuadro de lista de consumibles: se visualiza el nombre, qty, valor total y tipo. Cuando se da doble clic en uno consumible en específico, entonces se activan los controles para realizar un movimiento de entrada o salida.
3. Cuadro de visualización del consumible a editar: visualiza el consumible que se le realizará nuevo movimiento.
4. Botones de opciones de entrada o salida: son botones para especificar si se trata de una entrada o salida.
5. QTY: es igual a la cantidad. Si es una salida, el aplicativo no realiza ningún movimiento si el QTY de salida es mayor que el QTY de Stock.
6. Valor Total: está desactivado si se trata de una salida. Cuando es una entrada, se especifica el valor total en Córdoba.
7. Grabar Movimiento: actualiza los datos en Excel.
8. Llama a formulario de registro de nuevo consumible.

### 5.4.1. Formulario Nuevo Consumible

The image shows a software window titled "Nuevo Consumible" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a form titled "Registro de nuevo Consumible". The form has the following elements:

- 1. A text input field labeled "Nombre".
- 2. A dropdown menu labeled "Tipo".
- 3. A dropdown menu labeled "Máquinas".
- 4. A button labeled "Añadir Máq".
- 5. A large empty rectangular area, likely a list of machines.
- 6. A button labeled "Agregar consumibles".

*Ilustración 32. Formulario Nuevo Consumible.*

*Fuente: Elaboración propia.*

1. Nombre: se digita el nombre del nuevo consumible.
2. Tipo: se elige si es un repuesto o insumo.
3. Máquinas: se selecciona a las máquinas que correspondan.
4. Añadir Máq: el botón añade las máquinas seleccionadas a la lista.
5. Lista de máquinas: en ese cuadro aparecen las máquinas que son compatible con el repuesto o insumo.
6. Agregar consumibles: añade el nuevo consumible a la lista de inventario, y a la lista de consumibles por máquinas.



## 5.5. Formulario Planilla de tiempo UT

The image shows a software window titled "Planilla de tiempos útiles" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a form titled "Registro de tiempo útiles de operación". The form has the following elements:

- Fecha:** A text input field containing "08/12/2019" with a circled "1" next to it.
- Equipo:** A dropdown menu with a circled "2" next to it.
- Tiempo Útil:** A text input field with a circled "3" next to it, followed by a button labeled "Añadir" with a circled "4" next to it.
- Lista:** A large empty rectangular area with a circled "5" in the top left corner.
- Grabar a Excel:** A button at the bottom left with a circled "6" next to it.

*Ilustración 33. Formulario Planilla de tiempo UT.  
Fuente: Elaboración propia.*

1. Fecha: la fecha automáticamente lo reconoce el programa, pero tiene la flexibilidad de editarla.
2. Equipo: se selecciona un sistema o línea de equipos.
3. Tiempo útil: se digita el número de horas que operó la máquina en la fecha especificada.
4. Añadir: añade la información digitada en los tres controles mencionados anteriormente a una lista. Luego se puede elegir otro equipo y especificar de nuevo el tiempo que operó.
5. Lista: se visualizan los datos añadidos.
6. Grabar a Excel: graba los datos en la planilla de tiempo útiles.

## 5.6. Formulario de lista de máquinas

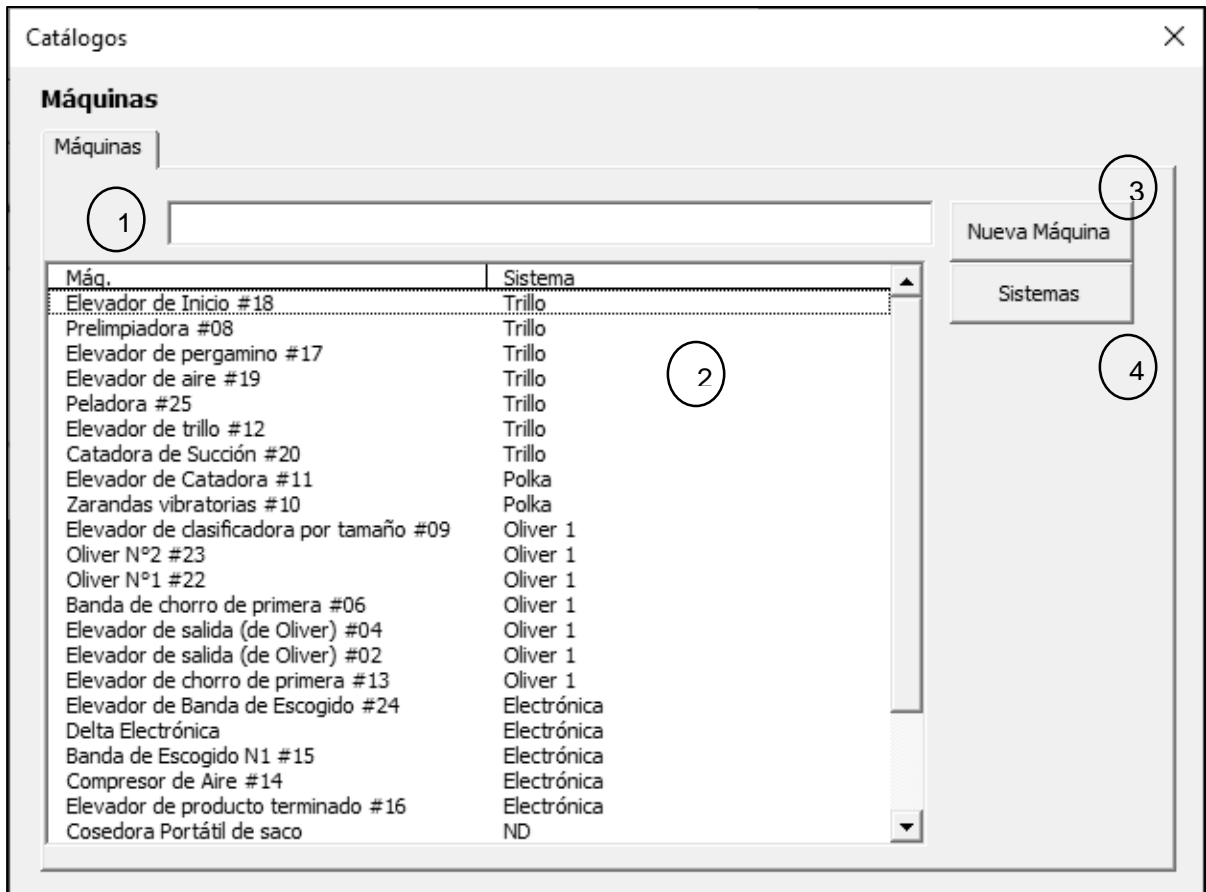


Ilustración 34. Formulario Lista de máquinas.

Fuente: Elaboración propia.

1. Búsqueda por nombre de máquina: filtra cada letra para una búsqueda más rápida.
2. Lista de máquinas: puede seleccionarse una máquina y con doble clic se llama al formulario para especificar sistema.
3. Nueva máquina: llama al formulario de registro de nueva máquina.
4. Sistemas: llama al formulario de registro de Sistemas o líneas.

### 5.6.1. Formulario para especificar el sistema o línea de una máquina

Máq.	Sistema
Elevador de Inicio #18	Trillo
Prelimpiadora #08	Trillo
Elevador de pergamino #17	Trillo
Elevador de aire #19	Trillo
Elevador #25	Trillo

Edición

Elevador de pergamino #17

Sistema 1 Trillo

2 Editar Grabar 3

Ilustración 35. Formulario de Sistema o Línea de máquina.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Sistema: se selecciona el sistema o línea.
2. Editar: desbloquea el campo “Sistemas”.
3. Grabar: graba la información digitada.

### 5.6.2. Formulario Registro de nueva máquina

Nueva Máquina

Nombre 1

Sistema 2

Grabar 3

Ilustración 36. Formulario Registro de máquina.  
Fuente: Elaboración propia.

1. Nombre: se digita el nombre de la nueva máquina.
2. Sistema: se selecciona un sistema o línea.
3. Grabar: graba la información a la lista.

### 5.6.3. Formulario Registro de nuevo sistema

The screenshot shows a window titled 'Sistemas' with a close button (X) in the top right corner. Below the title is the section 'Sistema o líneas'. It contains a table with two columns: 'Sistemas' and 'Control'. The table has five rows: 'Trillo' (CMD), 'Oliver 1' (CMD), 'Electrónica' (CMD), 'Polka' (CMD), and 'Pesaje' (No). The 'Oliver 1' row is highlighted. Below the table is a button labeled 'Nuevo' (2). To the right of the table is a text input field labeled 'Nombre' (3). Below the input field is a radio button labeled 'CMD' (4). At the bottom right is a button labeled 'Agregar' (5).

Sistemas	Control
Trillo	CMD
Oliver 1	CMD
Electrónica	CMD
Polka	CMD
Pesaje	No
ND	No

Ilustración 37. Formulario Registro de sistema o línea.

Fuente: Elaboración propia.

1. Lista de sistemas: cuando se selecciona uno y se da doble clic el tipo de control cambia entre CMD o No.
2. Nuevo: botón que desbloquea el campo “Nombre”, el botón de opción “CMD” y el botón “Agregar”.
3. Nombre: se digita el nombre del nuevo sistema o línea.
4. CMD: se especifica si se controlará con CMD o no.
5. Agregar: Graba los datos a la lista.

## 5.6.4. Orden y reporte de trabajo que imprime y guarda el aplicativo

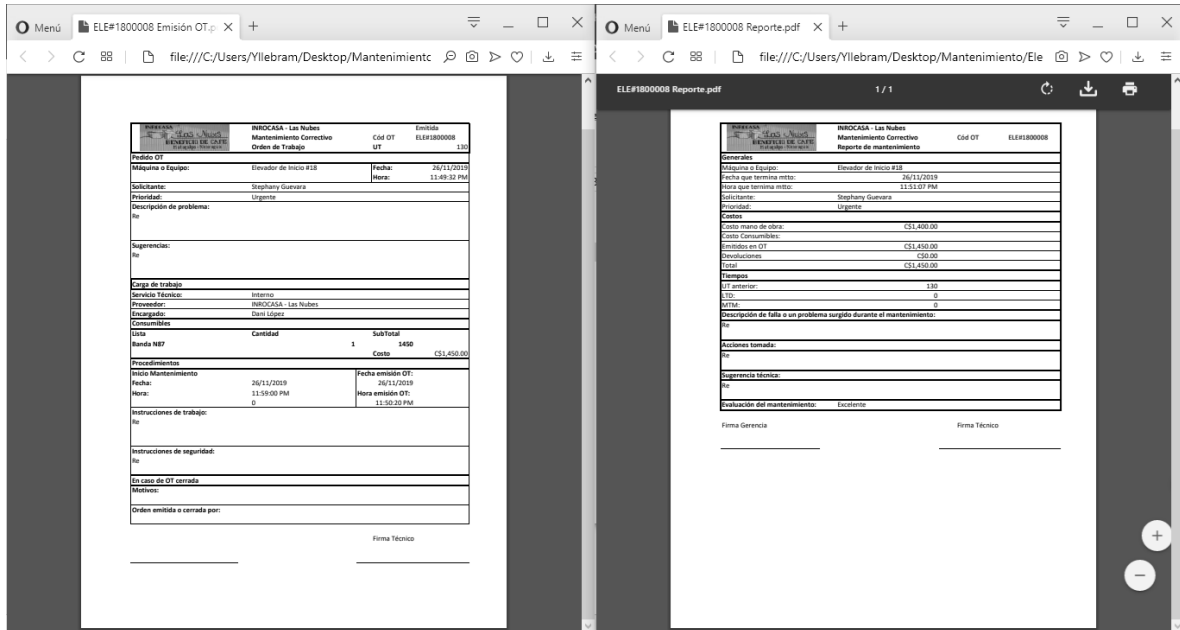


Ilustración 38. Orden y reporte de trabajo generado por aplicativo.  
Fuente: Elaboración propia.

Cada vez que se prepare y ejecute un mantenimiento, el aplicativo guarda en pdf e imprime en un formato estándar la información grabada.

## 6. Modelo de datos de la información de mantenimiento

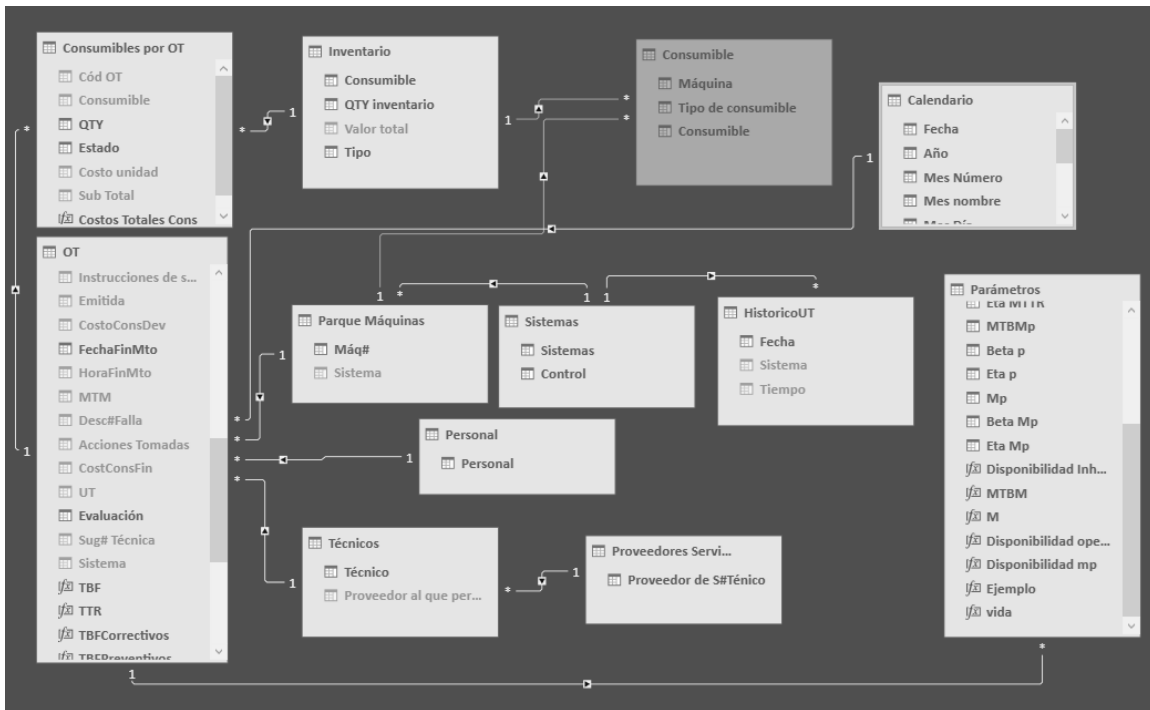


Ilustración 39. Modelo de datos.

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo se presentan las tablas con sus campos de información relacionados. Utilizando las medidas se calculan los diferentes indicadores como MTBM, M, MTTR, disponibilidad, contadores, costos, etc.

## 7. Ejemplo de cuadro de control utilizando el modelo de datos

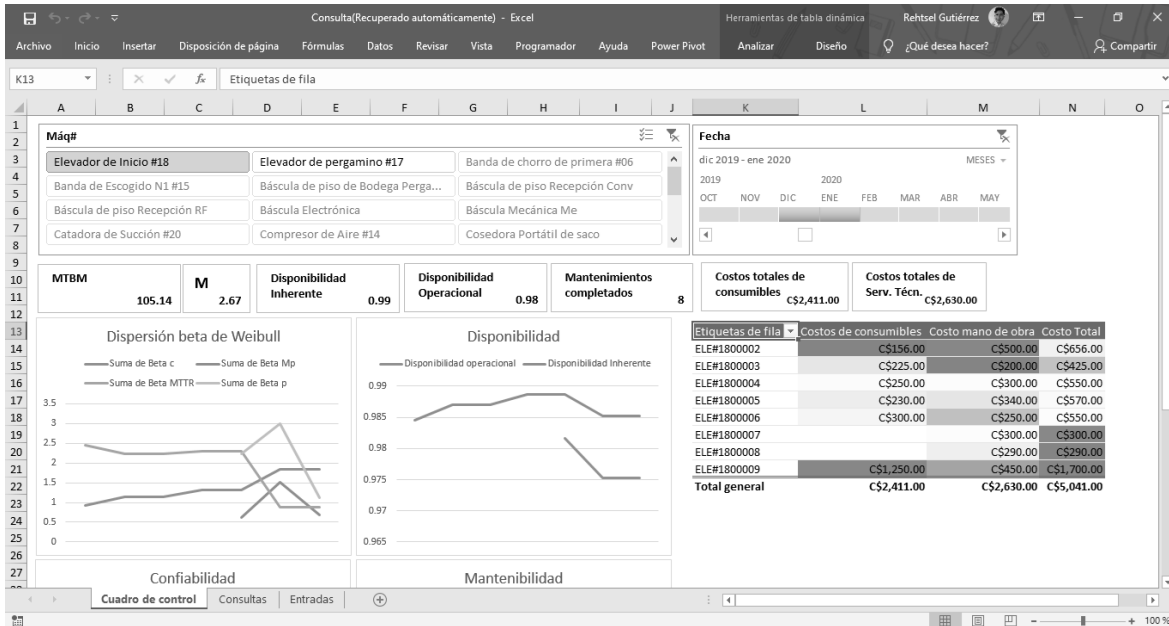
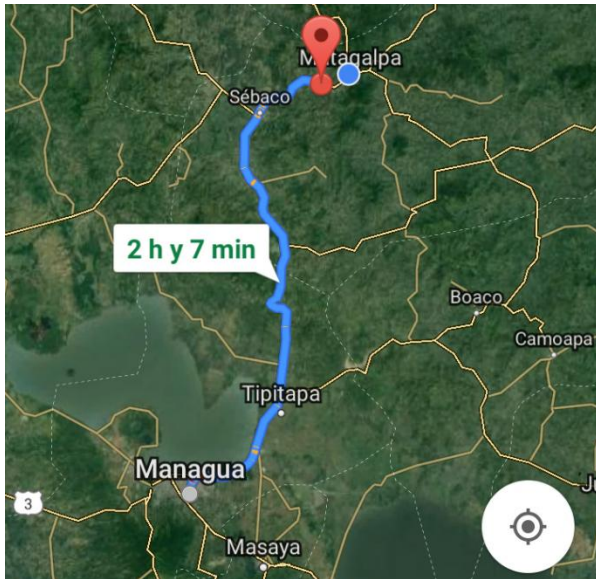


Ilustración 40. Cuadro de control.  
Fuente: Elaboración propia.

Mediante el modelo de datos y medidas es posible realizar cuadros de control para monitorear la situación del mantenimiento, la imagen es un ejemplo basado en datos simulados. Se debe recordar que primeramente la empresa trabajará con el aplicativo hasta alimentarlo con suficientes datos para utilizar más indicadores.

## 8. Ubicación de empresa Las Nubes – INROCASA



*Ilustración 41. Macro localización de empresa Las Nubes.  
Fuente: (Google Maps, 2019)*

Macro localización de la empresa, vista satélite con recorrido desde la capital Managua hasta Wawaslí, Matagalpa (Google Maps, 2019).



*Ilustración 42. Micro localización de empresa Las Nubes.  
Fuente: (Google Maps, 2019)*

Micro localización de la empresa, vista satélite. En el interior del círculo rojo se ubica la empresa (Google Maps, 2019).



## 9. Imágenes

### 9.1. Máquinas de producción de café oro



*Ilustración 43. Máquinas de producción de café oro, pre limpiadora al fondo, y escogedora electrónica a la derecha.  
Fuente: Gira de campo.*

## 9.2. Ejemplo de falla



Ilustración 44. Ejemplo de falla.  
Fuente: Gira de campo.

## 9.3. Documentos

### 9.3.1. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO PARA MANTENIMIENTO

Solicitado a: Caracota Orden N°: 018  
Fecha: 23 Mayo 2019

Tipo de Mantenimiento a realizar? Prevenir  Correctivo   
Aplicar mantenimiento a? Equipos  Instalación

Descripción del problema a resolver?  
El motor no se enciende al presionar el botón de arranque. Hay un mal contacto entre el cable del cable y el platillo en donde se conecta el cable.

Servicio a realizar:  
Calibración  Pintura   
Reparación  Ajuste Mecánicos   
Eléctrico  Otros

Lista de insumos que se requieren?  
Cable de cobre según lo requiera el técnico

Reporte Técnico de Servicio:  
Ejecución  El Uso   
Desgaste  Medio Ambiente   
Mala instalación  Defecto de la pieza

Medidas Aplicadas:  
Mantenimiento  Reparación   
Verificación

Informe y observaciones del Técnico?

Nombre y Firma del Solicitante: Carlos Uiel Córdova  
Nombre y Firma del Técnico: [Firma]

Ilustración 45. Orden de trabajo física.  
Fuente: Gira de campo.

