

# TEC | Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Escuela de Ingeniería Electromecánica.



Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para las líneas productivas de la empresa Tico Electronics del Coyol de Alajuela.

Práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial con el grado académico de Licenciatura.

Mario Alberto Delgado Vargas 201141593

Cartago, Junio 2019



engineerscanada

Escuela Acreditada por el  
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 17/05/2019

Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Mario Alberto Delgado Vargas

carne No. 201141593,  si autorizo  no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, presentado en la fecha 03/06/2019, con el título Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para las líneas productivas de la empresa Ticoelectronics del Coyol de Alajuela.

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:



Correo electrónico:

mario.alberto.365@gmail.com

Cédula No.:

1-1536-0732

Profesor tutor:

Ing. Juan Pablo Arias Cartín.

Asesor industrial:

Ing. Ruth Hernández Sánchez.

Jurado calificador:

Ing. Carlos Piedra.

Ing. Frank Marín.

Datos personales.

A. Estudiante

Nombre: Mario Alberto Delgado Vargas

Cédula: 1 1536 0732

Carrera: Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Carné: 201141593

Teléfono: 88759872

Correo: [mario.alberto.365@gmail.com](mailto:mario.alberto.365@gmail.com)

B. Empresa y contacto

Nombre de la empresa: Tico Electronics, TPE S.A

Departamento: Mantenimiento

Nombre del contacto: Ing. Ruth Hernández Sánchez

Cargo: Gerente de calidad.

Correo: [ruth.hernandez@ticoelectronics.com](mailto:ruth.hernandez@ticoelectronics.com)

## Dedicatoria

A mi mamá, Roxana Vargas Vázquez, a quien le debo todo en esta vida, por ser mi mejor amiga, por su apoyo y amor incondicional, por sus sacrificios y trabajo duro para que yo llegara a este punto de mi vida, deseando que esto sea un motivo más de orgullo en su vida.

A mi papá, Ronny Alberto Delgado Jiménez, a quien al igual que mi mamá le debo mi vida entera, por su apoyo y amor incondicional, por siempre guiarme por el mejor camino, por sus consejos, y todo el sacrificio que ha realizado siempre para que yo llegara a ser como soy, deseando que esto sea un motivo más de orgullo en su vida.

A mi hermano, José David Delgado Vargas, porque además de ser mi hermano, es mi mejor amigo, mi apoyo, del cual sigo aprendiendo todos los días.

A mi abuelita, Flor María Delgado Jiménez, que ya descansa en la paz de Señor, por su gran amor y apoyo incondicional, por todos sus años de compañía y consejo que nunca olvidaré.

A mi novia, Nathalia Calderón Cambroner, por su gran ayuda y apoyo incondicional en este proceso de mi carrera profesional, y por no dejar de confiar en mí en todo momento.

## Agradecimiento

Primero que todo, le quiero dar gracias a Dios por permitirme llegar al día de hoy, a este momento tan importante de mi vida profesional, por darme salud y rodearme de todas aquellas personas que influyeron en mí, para llegar a ser lo que soy hoy.

A mis padres, que siempre me han apoyado en todo momento y por su amor incondicional.

A mi hermano, que con su ejemplo me ayuda a ser mejor persona todos los días.

A mis familiares, por su apoyo incondicional y consejos.

A mis amigos, por su apoyo incondicional y aconsejarme en los momentos indicados.

A mi novia, la cual me hace una mejor persona todos los días.

A los profesores, que siempre se esforzaron en hacer de nosotros excelentes profesionales.

Al Ing. Juan Pablo Arias Cartín por la ayuda y los consejos brindados como asesor en este proceso de práctica profesional.

A los miembros de la familia de Tico Electronics, administración y producción.

Contenido	
Resumen.....	13
Abstract.....	15
CAPÍTULO 1. Introducción .....	17
1.1. Descripción de la empresa.....	17
1.2. Reseña de la Empresa.....	18
1.3. Estructura organizacional.....	19
CAPÍTULO 2. Planteamiento del problema .....	23
2.1. Descripción del problema.....	23
2.2. Objetivo General: .....	25
2.3. Objetivos Específicos:.....	25
2.4. Justificación .....	26
2.5. Viabilidad: .....	29
CAPÍTULO 3. Marco teórico .....	30
3.1. El mantenimiento .....	30
3.2. Norma ISO 9100 .....	32
3.3. Gestión del Mantenimiento Correctivo .....	32
3.4. Estructura organizacional.....	32
3.4.1. Estructura Centralizada .....	33
3.4.2. Estructura Descentralizada .....	33
3.4.3. Estructura Mixta.....	33
3.5. Ordenes de trabajo .....	34
3.6. Flujo-gramas .....	34
3.7. Codificación de equipos .....	35

3.7.4.	Codificación no significativa .....	35
3.7.5.	Codificación significativa .....	35
3.8.	Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad.....	36
3.9.	Manual de mantenimiento preventivo .....	37
3.10.	Indicadores .....	39
3.10.6.	Confiabilidad .....	40
3.10.7.	Mantenibilidad .....	40
3.10.8.	Disponibilidad.....	40
3.11.	Auditoria Maintenance Effectiveness Survey (MES) .....	40
CAPÍTULO 4.	Evaluación del departamento de mantenimiento .....	42
4.1.	Desarrollo de la Auditoría MES.....	42
4.1.	Resultados de la auditoria.....	46
4.1.1.	Administración de recursos. ....	46
4.1.2.	Gestión de la información.....	48
4.1.3.	Mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos. ....	50
4.1.4.	Planificación y programación.....	52
4.1.5.	Soporte de mantenimiento .....	54
CAPÍTULO 5.	Modelo de gestión de mantenimiento. ....	56
5.1.	Codificación de equipos .....	56
5.2.	Criticidad de equipos.....	57
5.3.	Ordenes de trabajo .....	60
5.3.6.	Flujo-grama orden de trabajo de mantenimiento correctivo .....	60
5.3.7.	Flujo-grama de orden de trabajo de mantenimiento .....	64
5.3.8.	Propuesta de orden de trabajo. ....	68

CAPÍTULO 6. Síntesis del modelo de gestión propuesto .....	71
6.1. Planificación .....	72
6.2. Gestión de los Recursos .....	72
6.3. Realización del mantenimiento .....	73
6.4. Producto/ Medición, análisis y mejora.....	73
6.5. Requisitos y satisfacción del cliente.....	73
CAPÍTULO 7. Mantenimiento preventivo basado en confiabilidad (RCM) .....	75
7.1. Falla funcional.....	75
7.2. Modos de falla.....	77
7.3. Efectos de falla .....	77
7.4. Mantenimiento preventivo .....	78
CAPÍTULO 8. Balance Score Card.....	88
8.1. Perspectiva del proceso.....	89
8.1.1. Tiempo medio entre fallas .....	89
8.1.2. Tiempo medio entre reparaciones .....	90
8.2. Perspectiva del cliente .....	91
8.2.3. Disponibilidad .....	91
8.2.4. Confiabilidad.....	92
CAPÍTULO 9. Análisis financiero .....	94
CAPÍTULO 10. Conclusiones .....	101
CAPÍTULO 11. Recomendaciones .....	102
CAPÍTULO 12. Anexos .....	104
Anexo 1. RCM Máquina de crimp.....	105
Anexo 2. RCM Máquina de strip.....	106

Anexo 3. RCM Máquina de Wind.....	107
Anexo 4. RCM Máquina Wind 035.....	108
Anexo 5. RCM Máquina Wind 022.....	109
Anexo 6. RCM Ionógrafo. ....	110
Anexo 7. RCM Máquina Tester de anillos.....	111
Anexo 8. Manual de mantenimiento preventivo máquina de crimping. ....	112
Anexo 16. Auditoría MES.....	147

## Ilustraciones

Figura 1. Organigrama de Ticoelectronics, 2019. ....	19
Figura 2. Gráfica de crecimiento en ventas.....	24
Figura 3. Ingresos por líneas productivas de Ticoelectronics. ....	26
Figura 4. Valoración del departamento de mantenimiento. ....	44
Figura 5. Valoración dada por el encargado de mantenimiento. ....	45
Figura 6. Flujo-grama de orden de trabajo correctiva. ....	62
Figura 7. Flujo-grama de orden de trabajo para mantenimiento preventivo.....	65
Figura 8. Orden de trabajo. ....	68
Figura 9. Diagrama del modelo de gestión. ....	71
Figura 10. Modelo de Gestión detallado. ....	74
Figura 11. Mantenimiento preventivo Crimp p. 1.....	81
Figura 12.Mantenimiento preventivo Crimp p. 2.....	82
Figura 13.Mantenimiento preventivo Crimp p. 3.....	83
Figura 14.Mantenimiento preventivo Crimp p. 4.....	84
Figura 15. Mantenimiento preventivo Crimp p.5.....	85
Figura 16.Mantenimiento preventivo Crimp p.6.....	86
Figura 17.Mantenimiento preventivo Crimp p.7.....	87
Figura 18. Propuesta de los indicadores a usar en el BSC.....	88
Figura 19. Gráfico de SCRAP para BN Motors. ....	95
Figura 20. Gráfico de SCRAP para Curtiss Wright.....	96
Figura 21. Gráfico de SCRAP para Aircraft.....	96

## Tablas

Tabla 1. Rangos de las categorías de auditoría.....	43
Tabla 2. Rangos de las categorías de auditoría.....	44
Tabla 3. Respuestas obtenidas en el área de Administración de recursos.....	46
Tabla 4. Respuestas obtenidas en el área de gestión de la información. ....	48
Tabla 5. Respuestas obtenidas en el área de mantenimiento preventivo y tecnológico de los equipos.....	50
Tabla 6. Respuestas obtenidas en el área de planificación y programación.....	52
Tabla 7. Respuestas obtenidas en el área de soporte de mantenimiento.....	54
Tabla 8. Codificación de los equipos de Ticoelectronics.....	56
Tabla 9. Descripción del nivel. ....	57
Tabla 10. Criterios para evaluar en equipos de TicoElectronics. ....	58
Tabla 11. Escala de evaluación para los criterios de evaluación. ....	58
Tabla 12. Puntuaciones de los equipos. ....	59
Tabla 13. Falla funcional máquina de crimp.....	76
Tabla 14. Modo de falla máquina de Crimp. ....	77
Tabla 15. Efectos de falla para la máquina de crimp. ....	77
Tabla 16. Cronograma de mantenimiento preventivo. ....	79
Tabla 17. Continuación Cronograma de mantenimiento preventivo.....	79
Tabla 18. Registro del mantenimiento preventivo. ....	80
Tabla 19. Propuesta para el TMF.....	89
Tabla 20. Propuesta para el TMER.....	90
Tabla 21. Propuesta para la disponibilidad. ....	92
Tabla 22. Propuesta para la confiabilidad. ....	92
Tabla 23. Indicadores del BSC.....	93
Tabla 24. Análisis financiero antes del Modelo. ....	94
Tabla 25. Análisis financiero después del modelo. ....	97
Tabla 26. Comparativa de pérdidas. ....	98
Tabla 27. Cálculo del TIR y el VAN.....	99

## Resumen

Tico Electronics es una empresa ubicada en el Coyol de Alajuela dedicada a la manufactura de productos médicos y aeroespaciales, su calidad y servicio se basan en el cumplimiento de diferentes normas y certificaciones como la ISO 9001, la AS9100 y NadcapWelding, cuenta con las tres líneas productivas BN MOTORS, CurtissWright y Aircraft que representan el 50% de los ingresos.

El presente trabajo tiene como fin encontrar una mejora en el Departamento de Mantenimiento de Ticoelectronics, por medio de un Modelo de Gestión de mantenimiento que disminuya los paros productivos y alargue la vida de las máquinas y equipos de las líneas mencionadas anteriormente.

Se implementó la auditoría MESS, para tener una noción clara de las áreas débiles del departamento de mantenimiento y poder atacarlas de una manera conveniente y con ello determinar los objetivos y estrategias a plantear.

Se realiza una codificación de los equipos, con esto, de acuerdo a los indicadores planteados para Frecuencia de Fallas, Impacto Operacional, Flexibilidad Operacional, Costo de Mantenimiento, Impacto de Seguridad y en el Medio Ambiente; se dan calificaciones de 0 a 3, siendo 0 muy malo y 3 muy bueno, se toman los equipos que posean valores de criticidad mayores a 9.

Dada los escasos de un mantenimiento preventivo se realizan manuales para los equipos críticos, así también como la propuesta de órdenes de trabajo y un seguimiento de estas para fortalecer el registro de la información y la disciplina de este mantenimiento.

Con base en los equipos críticos se procede al diseño de los planes de mantenimiento utilizando la herramienta del RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), se utiliza esta herramienta porque determina de forma conveniente las necesidades de mantenimiento del activo.

Para mantener el control de la ejecución y la evaluación del mantenimiento fue elaborado un BSC (Balance Score Card), este se estableció según las necesidades y objetivos de la empresa según resultados de auditoría. De esta forma se permitirá dar seguimiento de la eficiencia de los procesos y costos de mantenimiento.

Por último, se realiza un Análisis comparativo entre los costos anteriores del departamento con la implementación de solo mantenimiento correctivo, y se comparan con los costos obtenidos al implementar este proyecto, esperando obtener resultados beneficiosos para Tico Electronics.

**Palabras Calve:** Confiabilidad, Gestión, Mantenimiento, BSC, RCM.

## **Abstract**

Tico Electronics is a company located in the Coyol of Alajuela dedicated to the manufacture of medical and aerospace products, its quality and service are based on compliance with different standards and certifications such as ISO 9001, AS9100 and NadcapWelding, it has the three production lines BN MOTORS, Curtiss Wrigth and Aircraft that represent 50% of the income.

The purpose of this work is to find an improvement in the Maintenance Department of Ticoelectronics, by means of a Maintenance Management Model that reduces productive stoppages and extends the life of the machines and equipment of the lines mentioned above.

The MESS audit was implemented, to have a clear idea of the weak areas of the maintenance department and to be able to attack them in a convenient way and thereby determine the objectives and strategies to be proposed.

An equipment coding is done, with this, according to the indicators proposed for Fault Frequency, Operational Impact, Operational Flexibility, Cost of Maintenance, Impact of Safety and on the Environment; grades from 0 to 3 are given, with 0 being very bad and 3 being very good, taking teams with criticality values greater than 9.

Given the shortages of preventive maintenance, manuals are made for critical equipment, as well as the proposal of work orders and a follow-up of these to strengthen the record of information and the discipline of this maintenance.

Based on the critical equipment, we proceed to the design of the maintenance plans using the RCM tool (Reliability Centered Maintenance), this tool is used because it conveniently determines the maintenance needs of the asset.

A BSC (Balance Score Card) was developed to maintain control of the execution and evaluation of maintenance. This was established according to the company's needs and objectives according to the audit results. In this way, it will be possible to monitor the efficiency of the processes and maintenance costs.

Finally, a comparative analysis between the previous costs of the department and the implementation of corrective maintenance is made, and compared with the costs obtained when implementing this project, hoping to obtain beneficial results for Tico Electronics.

Key words: Reliability, Management, Maintenance, BSC, RCM.

# CAPÍTULO 1. Introducción

## 1.1. Descripción de la empresa

Tico Electronics es una empresa ubicada en el Coyoil de Alajuela, específicamente en la Zona BES junto a la Dos Pinos, que se dedica a la manufacturación de productos médicos y aeroespaciales, su calidad y servicio se basan en el cumplimiento de diferentes normas y certificaciones como la ISO 9001, la AS9100 y Nadcap Welding, lo cual ha llamado la atención de clientes tanto nacionales como internacionales para la manufacturación de sus productos.

La empresa tiene costumbres peculiares, como por ejemplo que cada día a las 7:00am, todo el equipo de todos los departamentos se reúne frente al edificio principal para una reunión de empresa, donde se cubren brevemente temas como actividades notables, visitantes, próximos eventos, anuncios especiales, entre otras actividades, seguidamente se lee un versículo bíblico o lectura inspiradora; luego se hace una oración y se concluye con ejercicios ligeros, lo cual crea un comienzo energético, positivo y divertido para cada día laboral.

Los procesos que se realizan dentro de la empresa requieren de un alto nivel de conocimiento y capacidad de ensamblaje, lo cual se logra gracias a la capacitación continua del personal, esto para que los productos ensamblados resultantes no tengan ningún defecto. La empresa en los últimos años ha crecido de manera exponencial, y todo se debe al compromiso que tiene esta con la calidad, la cual se basa en los siguientes puntos:

- Mejora continua
- Procesos continuos y eficiencias de sistemas.
- Cumplimiento de todas las regulaciones que se aplican a las actividades comerciales.
- Abierta a cambios.

## 1.2. Reseña de la Empresa

Tico Electronics es un fabricante contratista costarricense que se especializa en ensamblajes complejos que requieren una interfaz humano-máquina y que se benefician de la flexibilidad de producción, fue fundada a principios de 1995, por las familias Melander y Mileto, las cuales fijaron su atención en Costa Rica para ubicar su empresa debido a sus diversas ventajas tanto socioeconómicas como geográficas, al principio contaban con un total de 8 empleados y actualmente tienen un poco más de 400, por lo que uno de sus objetivos es buscar continuamente formas de mantener con su estilo único y con la sensación de pequeña empresa.

Algunos antecedentes importantes de la empresa son:

- 1999 - Contacto hecho con LittonPoly-Scientific, Acuerdo de Asamblea firmado.
- 2002 - Primer contrato de licencia de fabricación.
- 2003 - Certificación ISO 9001.
- 2003 - Certificación IPC-A-610 clase III.
- 2007 - J-STD-001 instructores certificados en el sitio.
- 2013 - Acreditación NADCAP para soldadura TIG.
- 2014 - Edificio Tico II completado.
- 2014 - Comienza la implementación Lean en toda la planta.
- 2015 – Entrenamiento “Six Sigma Green Belt” para todos los gerentes de programa.
- 2015 - Se forma el Cluster Aeroespacial Costa Rica.
- 2016 - Certificación AS9100 Revisión C.
- 2017 - Capacitación de “Lean forServices” con enfoque en compras.

- 2017 - S9100 Rec. D certificación.

### 1.3. Estructura organizacional

El orden jerárquico de la empresa se muestra en el siguiente flujo-grama:

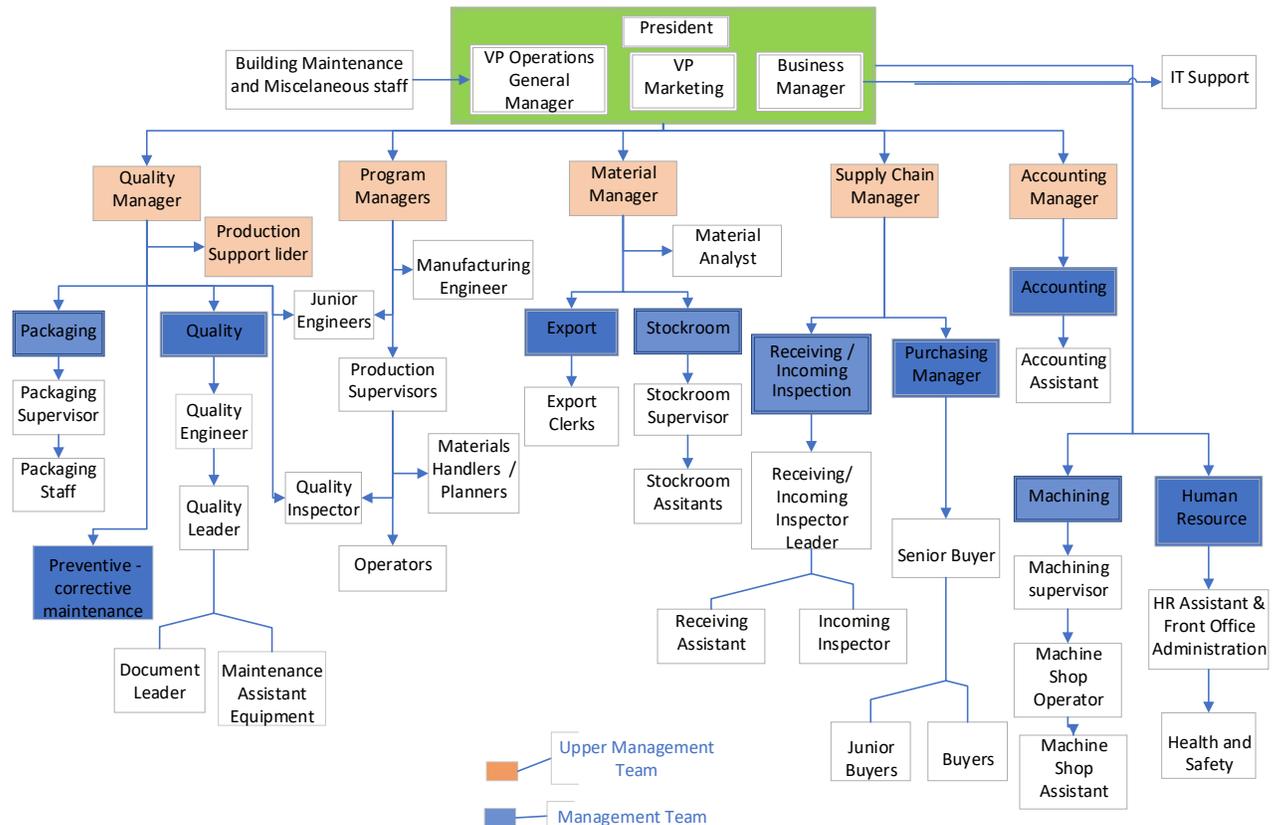


Figura 1. Organigrama de Ticoelectronics, 2019.

Fuente: Ticoelectronics.

En el nivel más alto del flujo-grama está gerencia, la cual se encarga de buscar nuevas oportunidades con clientes y del marketing de la empresa, además de controlar los mantenimientos y posibles expansiones que los edificios.

Luego en el siguiente nivel del flujo-grama encontramos los siguientes departamentos:

- **Calidad:** Es el departamento encargado de controlar que los procedimientos y parámetros establecidos a nivel de empresa se cumplan, además controlan todos los equipos de verificación y calibración, también brindan capacitaciones al personal sobre manipulación de producto en buen estado o chatarra, se encargan de realizar auditorías internas para verificar que los procesos se lleven a cabo de la forma correcta y esto a su vez les ayuda a prepararse para las auditorías externas que nos realizan actualmente, esto para mantener nuestras certificaciones internacionales de calidad, este departamento es responsable de toda la documentación que existe en la empresa, desde planos de ingeniería propiedad de los clientes, como los registros de historial de cada pieza producida (travel) además de los registros controlados internos, como por ejemplo, el registro de chatarra.
- **Producción (Ingenieros):** este departamento lo constituyen un grupo de ingenieros especializados en la producción industrial, los cuales gestionan todo lo relacionado al proceso de los productos, por lo que están en constante comunicación con los operarios y siempre están en busca de hacer el proceso más eficiente.
- **Materiales:** El departamento de materiales se encarga del control directo de todos los materiales que se encuentran en la empresa, Turnkey y consignación, esto se controla a través de conteos cíclicos que se dividen entre todas las líneas de producción, esto para verificar que los datos que se encuentran en el sistema sean los mismos que tenemos físicamente, además son los encargados de la creación de toda la codificación en inventario también llevan a cabo las capacitaciones sobre transacciones que se realizan en el sistema en cada proceso desde que se recibe el material hasta que se exporta el producto terminado.
- **Compras:** Es el departamento encargado de las compras de todos los productos comprados por la empresa, acá se incluye el proceso desde la cotización de los materiales además del seguimiento del producto desde que

sale del proveedor hasta que se recibe en la empresa, además controlan y se encargan de abrir y actualizar permisos para poder comprar y utilizar químicos considerados peligrosos o de uso controlado (precursores).

- Contabilidad: Se encarga de controlar la parte financiera de la empresa (cuentas por pagar cuentas por cobrar), además tienen a su cargo el control de activos de la empresa o propiedad del cliente, llevan planillas, y control de vacaciones de todos los colaboradores. MISIÓN: Proveer servicios de manufactura de calidad con mano de obra calificada mientras funciona como una extensión del negocio del Cliente.

Esto es logrado por la empresa mediante los siguientes puntos:

- Construyendo una relación con sus clientes basada en la integridad y la honestidad.
- Mejorando continuamente sus capacidades, promoviendo la flexibilidad y la adaptabilidad y entregando calidad y valor en sus productos.
- Mejorando la calidad de vida de sus empleados mediante el desarrollo financiero, mental, físico y espiritual.
- Uno de los objetivos de la empresa es ayudar a proporcionar empleo a un sector en específico de la población, como lo son las madres solteras, por lo que el 80% del personal es de carácter femenino, solventando las necesidades básicas que pueda llegar tener este sector de la población.

Los principios de la empresa son:

- Honestidad: su gente entiende la necesidad de practicar la honestidad en el lugar de trabajo.
- Actitud: una actitud positiva, centrada en el equipo y proactiva hace una diferencia en el lugar de trabajo.

- Trabajo: se esfuerzan por crear un ambiente feliz y productivo donde todos ganen.

## **CAPÍTULO 2. Planteamiento del problema**

### **2.1. Descripción del problema**

Tico Electronics cuenta con varias líneas productivas, en las cuales se ensamblan diferentes tipos de piezas que se usan en dispositivos del área aeroespacial y médica, en algunos de estos procesos los operarios necesitan de máquinas especiales que les ayudan a que el resultado de su trabajo sea el mejor, los últimos años la empresa ha tenido un crecimiento acelerado, como se observa en la Figura 2, hay un crecimiento aproximadamente de un 15% anual en las ventas, lo cual la ha llevado a un aumento descontrolado de la maquinaria, causando más paros imprevistos, tiempo entre fallas más extensos y una gestión de mantenimiento poco eficiente.

El problema es que la empresa carece de un modelo rígido de gestión del mantenimiento, el cual es necesario para que esta siga creciendo y compitiendo a nivel mundial con sus productos. Actualmente el personal de mantenimiento apenas da abasto para realizar los mantenimientos correctivos y algunos preventivos, lo cual genera constantes retrabajos y altos márgenes de error, no existe un “stock” de repuestos que asegure el funcionamiento continuo de las máquinas críticas de la empresa, no existen historiales de falla, ni documentación previa que asegure que los procedimientos de mantenimiento de parte de los técnicos se están llevando a cabo efectivamente.

Además de que la empresa no tiene indicadores de peso con respecto al mantenimiento, lo cual es fundamental para empezar a obtener datos de eficiencia y confiabilidad de los equipos y así programar el trabajo de los técnicos de manera efectiva.

Por lo que, al no existir un modelo integral de gestión para el mantenimiento, no existe relación entre la toma de datos y planificación de los trabajos, lo que conlleva a que se realicen tareas innecesarias o de poco impacto para la empresa, y esto significa una mala inversión del tiempo y de los recursos.

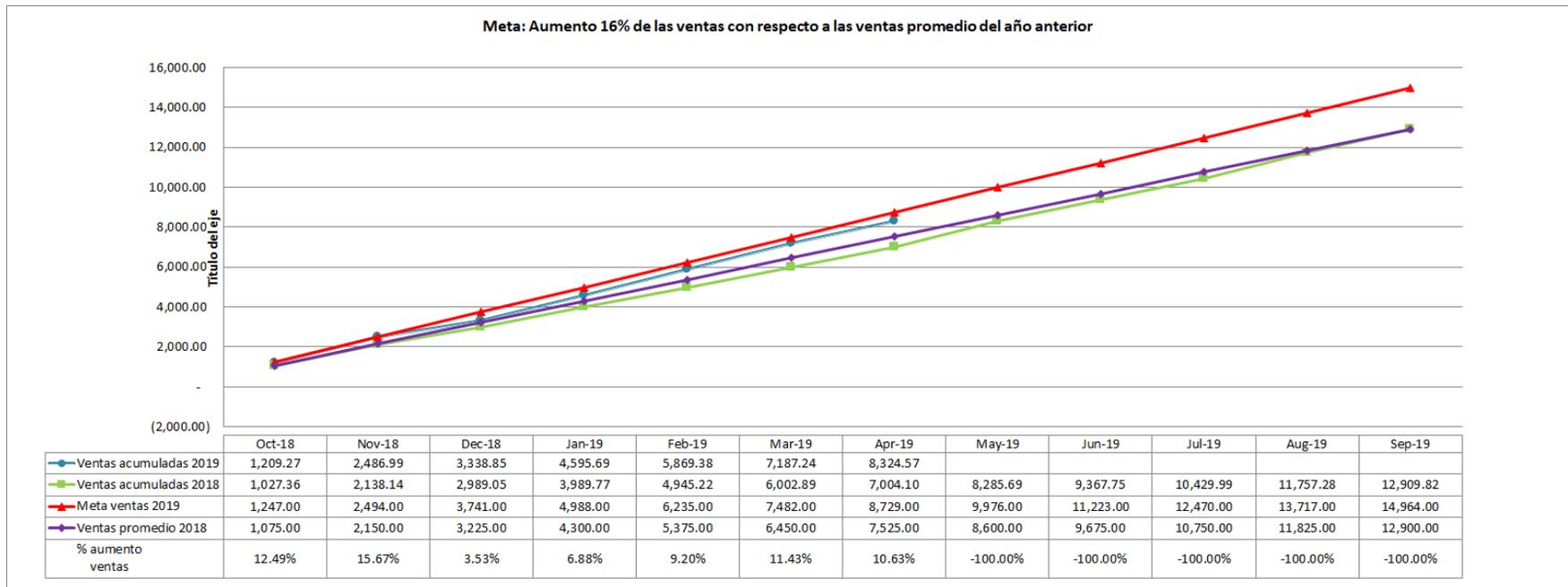


Figura 2. Gráfica de crecimiento en ventas.

Fuente: Tico Electronics

## **2.2. Objetivo General:**

- Diseñar un Modelo de Gestión de Mantenimiento que permita la optimización y un manejo eficiente de los recursos que intervienen directa o indirectamente en las máquinas de las líneas de producción de Tico Electronics.

## **2.3. Objetivos Específicos:**

- Realizar una auditoría bajo la norma MES (EffectivenessSurveyMaintenance) para la identificación de las faltas o puntos débiles del departamento de mantenimiento.
- Definir un Modelo de Gestión de Mantenimiento basado en RCM que permitan atender las necesidades de las máquinas y equipos críticos de Tico Electronics.
- Proponer un sistema de índices de gestión de mantenimiento mediante las cuatro perspectivas del Balance Score Card, para una evaluación y control de los procesos de mantenimiento establecidos en el nuevo modelo planteado.
- Realizar el análisis financiero que conlleva el diseño y la aplicación del modelo de gestión de mantenimiento.

## 2.4. Justificación

El mantenimiento de la empresa se basa principalmente de correctivo, se han generado paros de la producción de tiempos considerables, lastimosamente, no existe ningún registro de los paros por fallas, según Melvin Solís (jefe de técnicos) por semana se producen un promedio de 3 paros, dependiendo del equipo estos tiempos de reparación se pueden extender por semanas debido a que no se cuenta con los repuestos en stock.

Como se observa en la Figura 3, las líneas productivas BN MOTORS, Aircraft y CurtissWright, representan el 50% de los ingresos de la empresa, siendo así que las pérdidas de tiempo por fallas, reparación de averías, búsqueda de los repuestos y herramientas, representan una disminución de la producción que repercute en altas sumas para la empresa.

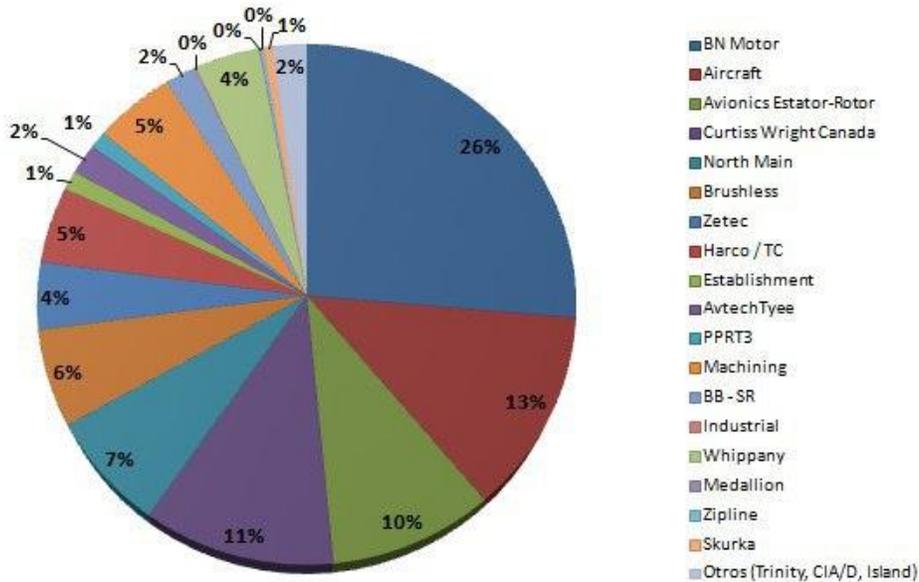


Figura 3. Ingresos por líneas productivas de Ticoelectronics.

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Además de que la norma AS9100; norma necesaria en la industria aeroespacial, cita en su punto 7 de soporte, específicamente el inciso 7.1.3 que “La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para el funcionamiento de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios” (AS9100), tomando en cuenta así el departamento de mantenimiento de la empresa, punto importante ya que CurtissWright y Aircraft son únicamente aeroespaciales.

La empresa cuenta con 9 personas que se encargan de todo el mantenimiento, y más que todo es del tipo correctivo, y únicamente para algunas máquinas hay mantenimiento preventivo que se realiza de manera periódica según algunas recomendaciones del fabricante, pero no hay una base de datos que evidencia si se le hizo alguna reparación y por qué se le hizo, por lo que se buscará ordenar todo el proceso de mantenimiento de las máquinas y se diseñará una base de datos con la cual los operarios podrán revisar continuamente el historial de cada máquina de la empresa.

Con todo lo anterior se evidencia la necesidad de Tico Electronics por obtener un cambio de mentalidad en su departamento de mantenimiento para así buscar una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos, a la vez que pueda disminuir los costos que se asocian al mantenimiento de estos, ya que la carencia de un plan de mantenimiento sólido ha repercutido en la incidencia de fallas en los equipos.

Es de saber que no se cuenta con ningún tipo de información sobre los historiales de mantenimiento para cada equipo, conforme pasa el tiempo se hacen reparaciones sin saber si fueron hechas en reiteradas ocasiones, además, sin el mantenimiento adecuado, los equipos se irán deteriorando, generando fallas más recurrentes y tiempos de paros mayores, hasta que el equipo deba ser sustituido por completo.

En la perspectiva económica se tendrán mayores gastos, pues como se sabe, el mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento al que se le asocian mayores gastos, sin incluir las pérdidas relacionadas al paro de la producción. Como solución

a este problema, en este proyecto se desarrollará un modelo de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad, con el que se pretende realizar planes de mantenimientos preventivos que se adapten a las condiciones actuales de los equipos, que permitan disminuir los costos de mantenimiento y mejoren los indicadores de mantenimiento de los equipos.

## **2.5. Viabilidad:**

Para la ejecución de este proyecto se utilizarán herramientas como:

- La Auditoría MES: para evidenciar las debilidades que tiene la empresa y enfocarse en los puntos más críticos
- El Cuadro de Mando Integral; se utilizará para la creación de indicadores que evidenciará si el modelo de gestión está afectando de manera positiva o negativa.
- Programa EXACTUS: la empresa cuenta con esta herramienta, por lo que se utilizará para diseñar una base de datos que permita guardar historiales de las máquinas de producción y poder hacer consultas para manejo eficiente de los repuestos.
- Norma AS9100: Se tomará en cuenta las necesidades de dicha norma, cumpliendo con las regulaciones que se mencionan para establecer un departamento de mantenimiento jerarquizado.

## CAPÍTULO 3. Marco teórico

### 3.1. El mantenimiento

Según Garrido (2003) podemos definir el mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. En la segunda mitad del siglo XIX se da en Inglaterra el inicio de la Revolución Industrial, desde entonces el mantenimiento ha tenido que pasara por diferentes etapas. Las máquinas se han ido haciendo cada vez más grandes, más complejas y más costosas resultando más factible darles un mantenimiento para reparar los daños; es por esto que empiezan a surgir los departamentos de mantenimiento, con un tipo de actividad diferente a los departamentos de producción.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implementación de una producción en serie, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción por lo cual empezaron a sentir la necesidad de crear equipo que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible, es aquí donde aparece el concepto de fiabilidad.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento hoy conocido como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Esta situación se mantuvo hasta la década del año 50, donde luego un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia busca aumentar y viabilizar la producción, evitar las perdidas por averías y sus costes asociados (Garrido, 2003), nombrándose así MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas a final del periodo anterior, y que la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas, visualizando así la optimización de la actuación del equipo de ejecución del mantenimiento.

Estos criterios fueron conocidos como MANTENIMIENTO PREDICTIVO los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Aparecen también el MANTENIMIENTO PROACTIVO, la GESTIÓN DE MANTENIMIENTO y el MANTENIMIENTO BASADO EN FIABILIDAD con sus siglas RCM. El RCM busca estudiar los equipos, analizar los modos de fallo y utilizar técnicas estadísticas y tecnológicas.

A partir de los años 80 se comienza a introducir una gestión donde los operarios de producción se pueden ocupar del mantenimiento de equipos con algunas tareas que el personal de esta área realizaba, siendo ahora que se transfieren tareas como limpieza, lubricación, ajustes y pequeñas reparaciones, esto se llama MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL con sus siglas TPM; esta gestión busca introducir más al operario de producción con el fin de conseguir 0 averías y buscar la formación, motivación e implementación del equipo humano en lugar de la tecnología (Garrido, 2003).

El TPM y el RCM actualmente se encuentran juntas en las empresas, donde el RCM gestiona el mantenimiento que se debe llevar a cabo en las máquinas y luego de esto poder transferir algunas de las tareas por el TPM a Producción; por otro lado, se puede implementar el TPM y dejar el RCM como una herramienta para determinar las tareas y frecuencias de estas para los distintos equipos.

### **3.2. Norma ISO 9100**

AS9100 es un sistema de gestión de calidad ampliamente adoptado y estandarizado para la industria aeroespacial. Fue lanzado en octubre de 1999 por la Sociedad de Ingenieros Automotrices y la Asociación Europea de Industrias Aeroespaciales.

AS9100 reemplaza el anterior AS9000 e incorpora completamente la totalidad de la versión actual de ISO 9000, al tiempo que agrega requisitos relacionados con la calidad y la seguridad. Los principales fabricantes y proveedores aeroespaciales de todo el mundo requieren el cumplimiento y/o registro de AS9100 como condición para hacer negocios con ellos.

### **3.3. Gestión del Mantenimiento Correctivo**

Se tiene que establecer un sistema que permita atender la reparación de averías de forma eficiente y así brindar una respuesta adecuada. Tratar con eficacia el mantenimiento correctivo quiere decir que las intervenciones al equipo se deben realizar con rapidez para así poner el equipo en marcha a la mayor brevedad que estas medidas sean fiables para garantizar que no se repitan en un largo período y realizarlas con la menor cantidad de recursos (Garrido, 2003).

### **3.4. Estructura organizacional**

Al establecer una estructura organizacional, se parte de la definición de organización; la cual según el diccionario de la real academia española se define como: “Asociación de personas regulada por un conjunto de normas en función de determinados fines”, Real Academia Española, 2018.

Según esto se demuestra que al hablar de una organización de una empresa se refiere a organizar las funciones que se tienen que realizar empresa según la cantidad de personas que trabajan en esta; siguiendo una serie de reglas, la estructura de esta organización debe estar estructurada jerárquicamente para poder establecer las responsabilidades a quien le corresponda para cumplir los objetivos propuestos.

Para elegir cual tipo de estructura organizacional de mantenimiento se debe seleccionar para la empresa, se deben estudiar factores como la capacidad económico-financiera, cantidad de producción, inversión, y el tipo de producto que esta brinda. Actualmente existen tres tipos de estructura organizacional, tal y como se explican a continuación

#### **3.4.1. Estructura Centralizada**

Es un organismo de Mantenimiento que sin tener en cuenta su dependencia, tiene toda la responsabilidad del servicio. Esta forma de organización se aplica en fábricas relativamente pequeñas o medianas (Colegio Provincial de Educación Tecnológica).

#### **3.4.2. Estructura Descentralizada**

En este caso Mantenimiento depende de cada una de las áreas productivas y de servicio, tal como se ilustra en el siguiente gráfico. También se lo denomina Mantenimiento asignado y se aplica generalmente en grandes complejos industriales donde las áreas están geográficamente dispersas (Colegio Provincial de Educación Tecnológica).

#### **3.4.3. Estructura Mixta**

Es el mantenimiento cuya organización está dividida. En efecto, la división se establece, tal como se muestra en la figura siguiente, en centralizar las tareas técnico-administrativas en un departamento o repartición y los grupos operativos del mantenimiento (talleres zonales y gremios) se descentralizan asignados a áreas o tareas determinadas (Colegio Provincial de Educación Tecnológica).

### **3.5. Ordenes de trabajo**

Las órdenes de trabajo son documentos en donde se detallan las actividades realizadas durante una reparación, debe existir una orden de trabajo para cada uno de los trabajos de mantenimiento realizados en la empresa. Según Duffuaa (2000), en el libro de sistemas de mantenimiento, la orden de trabajo tiene los siguientes propósitos:

- Hacer la solicitud del trabajo a realizar al departamento de mantenimiento
- Asignar los trabajadores que realizaran la tarea de mantenimiento
- Garantizar una utilización eficaz de los recursos de mano de obra y de material requerido en las tareas de mantenimiento y de esta forma reducir costos.
- Mejoramiento de la planeación y la programación de los trabajos de mantenimiento
- Mejoramiento de en el sector de mantenimiento debido a que permiten la recolección de datos que ayudan al control y la muestra de los indicadores

El sistema de órdenes de trabajo es necesario en la empresa para poder obtener los datos utilizados para generar los planes, programas y manuales de mantenimiento.

### **3.6. Flujo-gramas**

Los flujos-gramas son utilizados para ordenar los procesos necesarios para la realización del trabajo y completar la orden de trabajo. Los pasos para llenar la orden de trabajo son distintos para cada uno de los tipos de trabajo de mantenimiento. Por ejemplo, las órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo tienen un diferente flujo-grama que el de las órdenes de mantenimiento correctivo.

El flujo-grama debe ser muy claro, en otras palabras, debido a que los que van a generar las órdenes de trabajo son personas con conocimiento empírico, estos deben entender el procedimiento sin ninguna confusión. Otra de las características

que debe tener un flujo-grama de orden de trabajo es que pueda ser eficiente sin generar gastos extra.

### **3.7. Codificación de equipos**

Es necesario para cualquier empresa, sea grande, mediana o pequeña, tener una buena codificación de los equipos para un mejor manejo de estos, cuando se necesita encontrar rápidamente un equipo en específico. Para lograr la codificación es necesario organizar la planta en diferentes niveles, y con esto asignar a cada nivel los elementos respectivos.

Una codificación de equipos organiza los mismos según a las áreas que se presenten en la planta de producción, en donde se le asigna un código a cada máquina; todo con el fin de poder identificar los equipos de una forma más fácil y sencilla. Según Duffuaa (2000), existen dos tipos de codificación para los equipos.

#### **3.7.4. Codificación no significativa**

Es el tipo de sistema en el que se le asigna un número o código a una máquina o equipo, sin embargo, el mismo no aporta información adicional. Como ventajas de este tipo de codificación se tiene que es un código simple y breve; y como desventaja se tiene que no presenta información completa por lo que se requiere de una lista aparte para completar la información.

#### **3.7.5. Codificación significativa**

Es el tipo de sistema para codificar en el que el código de cada equipo aporta información básica y fácil de entender, acerca del equipo. Como ventajas de este tipo se tiene que contribuye con valiosa información como el tipo de equipo, área en la que se encuentra, función; y como desventaja se tiene que, por el hecho de contener información, provoca que el código asignado para cada equipo sea largo y hasta confuso.

### **3.8. Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad**

El plan de mantenimiento preventivo basado en RCM es un plan de mantenimiento el cual se crea en función de la confiabilidad de la máquina, tal y como lo ha demostrado la historia el mantenimiento preventivo es uno de las ayudas más grandes para las empresas, ya que se reducen los paros, además de los tiempos entre fallas, por lo que la máquina tiene una productividad mayor, además de que se evitan hacer gastos excesivos en repuestos y reparaciones que se pudieron haber evitado.

El mantenimiento preventivo RCM, se define como: “proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo” (Moubray, 1997).

El RCM está basado en la confiabilidad de la máquina, por lo que esta tiene que tener un grado equis de confiabilidad según la función que esta cumpla; por ejemplo, una máquina que tenga riesgo de matar a muchas personas tiene que ser 100% confiable, como por ejemplo los aviones.

También el plan RCM debe tener un método de retroalimentación para que se pueda optimizar cada vez más, hasta lograr la confiabilidad de la máquina requerida. El plan de mantenimiento debe tener claro el problema, y delimitar los límites de análisis, aquí es donde se conoce que tan detallado va a ser el plan RCM.

Un mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad (RCM), se debe hacer diferente para cada equipo de una empresa, esto quiere decir que en el mismo RCM no se deben de incluir dos o más equipos de la empresa, ya que los mismos realizan funciones diferentes.

Es necesario, antes de establecer el tipo de mantenimiento presente, que se tenga un conocimiento de los bienes muebles que presenta la organización, para así poder decidir cuál de ellos son los más aptos, o los más importantes para realizarles un RCM.

### **3.9. Manual de mantenimiento preventivo**

En la industria, es importante que las máquinas se mantengan en buenas condiciones para que así puedan operar en las mejores circunstancias posibles, lo cual trae consigo un impacto directo en la calidad de los productos fabricados.

Con el fin de que las máquinas se puedan mantener en buenas condiciones, realizar un plan de mantenimiento preventivo es de suma importancia para cada una de las máquinas, ya que con este es posible disminuir en gran manera la cantidad de fallas que puede presentar un activo y con esto operar de manera continua la mayor parte del tiempo, evitando así numerosos paros de las máquinas que provocan directamente paros en la producción.

El mantenimiento preventivo, según el curso de Administración de Mantenimiento 1, se puede definir como “Un tipo de mantenimiento que consiste en la ejecución de inspecciones periódicas a las máquinas e instalaciones, en forma planificada, programada y controlada, con el objetivo de detectar desgastes conducentes a falla y corregirlos” (Piedra Santamaría, 2017).

En la actualidad los planes de mantenimiento preventivo son muy comunes en muchas industrias, debido a que lo utilizan como una herramienta para mejorar su productividad, ya que al utilizarlo han podido comprobar que pueden producir con una mejor calidad y más volumen.

Entre los objetivos principales que se tiene al momento de realizar un plan de mantenimiento preventivo se puede tener los siguientes, obtenidos de las presentaciones del curso de Administración de mantenimiento:

- I. Minimizar los paros por fallas de los equipos durante la producción.
- II. Aumentar la confiabilidad de las máquinas.
- III. Lograr que los activos (máquinas, equipos y planta física) no sufran deterioro excesivo o prematuro.
- IV. Aumentar la vida útil las máquinas
- V. Lograr que las máquinas funcionen eficientemente garantizando condiciones seguras de operación.
- VI. Servir como un medio para optimizar los costos de mantenimiento.

Una vez que se han determinado las acciones proactivas, en el RCM, que ayudan a eliminar las causas que provocan las fallas de la máquina, se procede a realizar el manual de mantenimiento preventivo, con las acciones proactivas que son del tipo de inspección de mantenimiento predictivo e inspección de mantenimiento preventivo; en el cual, para cada una de las acciones proactivas ya definidas, se pueden tener varias acciones de inspección.

Una inspección, tal y como se definió en el curso, es un trabajo de mantenimiento preventivo que puede estar constituido de trabajos menores, como los son mediciones de corrientes y voltajes; o de trabajos mayores como lo son desarmes en la máquina para realizar un trabajo interno de la misma. El tipo de trabajo no define que tan importante es la inspección a realizar a una máquina, ya que todas son importantes; si no que define, en la mayoría de los casos, cuanto es la duración de la inspección (Piedra Santamaría, 2017).

Se pueden definir dos tipos de inspección al momento de realizar un plan de mantenimiento preventivo, las cuales son:

- Inspección que necesita el paro de la máquina: es cuando en la inspección se tiene que desarmar alguna parte del activo, por lo que es totalmente necesario apagar la máquina.
- Inspección con máquina en marcha: es cuando en la inspección a realizar se deben de hacer mediciones de los parámetros de funcionamiento, o algún tipo de limpieza externa en la máquina, que no atenta contra la vida del trabajador.

Un manual de mantenimiento preventivo tiene como objetivo reducir los costos de operación de las máquinas, esto debido a los paros repentinos por fallas en la misma. Las fallas imprevistas, si no se está preparado, pueden hacer que algunas máquinas pasen sin funcionar hasta por muchos meses, dependiendo del costo para encontrar los repuestos, por lo que si la máquina es muy crítica en las entradas de la empresa va a hacer que esta pierda mucho dinero.

### 3.10. **Indicadores**

Los indicadores tienen la función de medir que tan eficaz es un proceso o sistema, incluyéndolo como un todo o como una parte, y los mismo se obtienen con referencia a planes u objetivos, con el fin de tener un plan estratégico. Muchas empresas carecen de indicadores de eficiencia en sus sistemas, y esto provoca que los mismos tengan una vida útil más corta de la debida.

Obtener indicadores de un sistema o subsistema, es importante debido a que los mismos son claves para el desempeño de una organización, son altamente efectivos para lograr determinar y cuantificar cuales son las deficiencias que presentan los sistemas, y así lograr una mejor gestión del mantenimiento. Además, proveen un sistema altamente efectivo para determinar, de forma temprana, alertas en los procesos que están operando sin cumplir sus funciones de forma correcta; y con esto se obtienen indicaciones donde se deben de mejorar y enfocar los esfuerzos.

### 3.10.6. **Confiabilidad**

Se define como la probabilidad de que un sistema pueda desempeñar su función de manera confiable. Con este tipo de indicador se puede medir la confianza que se puede tener de un equipo o sistema, para que logre operar cumpliendo su función básica en un periodo establecido.

### 3.10.7. **Mantenibilidad**

Se define como la probabilidad de recuperar o restablecer las condiciones productivas de un equipo en un periodo dado, mientras la acción de mantenimiento está siendo ejecutada.

### 3.10.8. **Disponibilidad**

La disponibilidad es el objetivo principal de un programa de gestión del mantenimiento, y se puede definir como la confianza en que un equipo cumpla su función en un tiempo dado; una vez que se le ha realizado mantenimiento.

### 3.11. **Auditoria Maintenance Effectiveness Survey (MES)**

El MES (Encuesta de efectividad del mantenimiento) es una técnica de auditoría pensada para evaluar los departamentos de Mantenimiento, con el propósito de definir dónde se encuentran las oportunidades de mejora. Dicha técnica fue desarrollada por el Instituto Marshall.

La auditoría se enfoca en 5 áreas fundamentales del mantenimiento, las cuales son:

- Administración de recursos
- Gestión de la información
- Mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos
- Planificación y programación
- Soporte de mantenimiento

“El proceso de aplicación de la auditoría es a nivel de personal de gerencia, supervisión, operaciones y mantenimiento, recomendándose pasar el cuestionario a 8 participantes, como mínimo”(Parra & Crespo, 2015, p. 20).

Se evalúa de 1 a 3 donde:

- 1= Deficiente
- 2=Regular
- 3=Excelente

Los resultados se obtienen al promediar las evaluaciones por área y luego sumar los resultados todas las áreas. Por último, se clasifica siguiendo los siguientes rangos.

- 80–109: Categoría “Rendimiento inferior al promedio” /nivel muy malo, mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar.
- 110–119: Categoría “Rendimiento medio” /nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar.
- 120–139: Categoría “Rendimiento por encima de la media” /nivel aceptable en Mantenimiento
- 140–159: Categoría “Muy buena” /nivel de operaciones efectivas.
- 160–180: Categoría “Clase Mundial” /nivel de excelencia en mantenimiento.

Es recomendable que al finalizar la auditoría y una vez analizados los datos obtenidos (de forma anónima), se compartan los resultados con las personas que participaron en la misma para mostrarles que sus opiniones se toman en cuenta en la organización y de paso informarlos sobre el estado en que se encuentra el departamento.

## **CAPÍTULO 4. Evaluación del departamento de mantenimiento**

### **4.1. Desarrollo de la Auditoría MES**

Para realizar la auditoría MES se creó un formulario en la página de Internet “Formularios Google”, esto para que los usuarios tuvieran la facilidad de llenar el formulario desde su teléfono celular o desde su computadora, además de que existe la ventaja de que se tabulan los resultados en una página de Excel luego de que se completa el formulario.

En el formulario se incluyó una breve sección con las instrucciones a seguir para poder completarlo, además se menciona que la información que se obtenga va a ser confidencial y no se publicarán los resultados, esto para que el que lo llene, responda lo más sincero posible.

La auditoría MES del departamento de Operación y Mantenimiento se aplicó a 8 participantes y se siguió lo indicado por Parra Márquez y Crespo Márquez, quienes recomiendan un mínimo de 8 participantes con el fin de reducir el sesgo en los resultados y hacerlos más fiables. Para evitar errores humanos y agilizar el procesamiento de datos, todos los cálculos y tabulaciones se hicieron mediante el programa de Excel.

Se procuró hacer la auditoría a personas de diferentes departamentos que tuvieran conocimientos del mantenimiento de la empresa, esto para obtener diferentes puntos de vista, por lo tanto, influyeron técnicos, operarios, gerencia y el encargado de mantenimiento de la empresa.

En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos por área, y promediando las respuestas de los 8 participantes en cada pregunta.

**Tabla 1. Rangos de las categorías de auditoría.**

Preguntas	Sección	Puntuación	Máximo alcanzable
De la 1 a la 12	Administración de recursos.	24,75	36
De la 13 a la 24	Gestión de la información.	20,375	36
De la 25 a la 36	Mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos.	22,25	36
De la 37 a la 48	Planificación y programación.	24	36
De la 49 a la 60	Soporte de mantenimiento	22,75	36
<b>TOTAL</b>		114,125	180
Estado del departamento de mantenimiento		Rendimiento Medio	

Fuente: Propia (Word, 2109).

Se puede observar claramente en la Tabla 1 que administración de recursos obtuvo 24.75 puntos, esta fue el área con mayor puntaje, en gestión de la información 20.375 puntos, esta fue el área con menor puntaje. Mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos obtuvo 22.25 puntos, planificación programación 24 puntos, finalmente, soporte de mantenimiento con 22.75 puntos.

Al analizar los datos se determinó que la puntuación total del departamento de Mantenimiento es de 114.125 puntos, siguiendo la escala del MES, mostrada en la Tabla 2, se llegó a la conclusión que actualmente el departamento de mantenimiento se encuentra en la escala de rendimiento medio.

**Tabla 2. Rangos de las categorías de auditoría.**

Rango	Categoría
80–109	Rendimiento inferior al promedio
110–119	Rendimiento medio
120–139	Rendimiento por encima de la media
140–159	Muy buena
160–180	Clase Mundial

Fuente: Propia (Word, 2019).

Para una mejor comprensión de los datos, estos se acomodaron de forma gráfica, como se observa en la Figura 4, se aprecian de manera más clara las áreas donde hay más oportunidad de mejora, las cuales son Gestión de la información, mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos y soporte de mantenimiento.



*Figura 4. Valoración del departamento de mantenimiento.*

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Además, se analizó el formulario del encargado de mantenimiento por aparte, ya que es uno de los que más conoce del tema, y fue de gran ayuda para compararlo con el gráfico general que toma en cuenta todos los formularios.



Figura 5. Valoración dada por el encargado de mantenimiento.

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Como se observa la Figura 4 coincide con el gráfico de la Figura 5, en que las áreas más débiles son: Gestión de la información, mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos y soporte de mantenimiento.

#### 4.1. Resultados de la auditoría

Analizando más a fondo cada una de las 5 áreas, se obtuvieron los siguientes resultados:

##### 4.1.1. Administración de recursos.

Tabla 3. Respuestas obtenidas en el área de Administración de recursos.

	Pregunta	Participante								Total (Max 24)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Administración de recursos.	1	1	3	3	3	3	3	1	1	17
	2	1	3	3	2	2	3	2	2	18
	3	2	2	3	3	2	1	1	2	16
	4	3	3	3	2	3	2	1	3	20
	5	3	3	3	3	2	1	1	2	18
	6	2	2	2	3	2	1	1	2	15
	7	2	3	3	3	3	2	1	2	19
	8	2	2	1	2	3	2	2	1	15
	9	1	2	2	3	3	2	1	2	16
	10	2	2	3	3	3	1	2	1	17
	11	1	2	2	2	2	1	1	1	12
	12	1	2	3	3	2	1	1	1	14

Fuente: Propia (Excel, 2019).

En el área de administración de recursos como se observa en la Tabla 3, las preguntas que obtuvieron menor puntaje fueron la 11 y la 12, las cuales dicen:

11- ¿Los técnicos de mantenimiento siguen las políticas y procedimientos de seguridad?

12- ¿La gerencia hace un seguimiento y revisa la limpieza de los técnicos de mantenimiento?

Lo cual evidencia que hay posibilidad de que el mantenimiento de la empresa no se esté llevando de la mejor manera, y esto afectaría a la vida útil de las máquinas con el pasar el tiempo, además de que no se sigue del todo las políticas de seguridad de la empresa a la hora de hacer los mantenimientos.

#### 4.1.2. Gestión de la información.

Tabla 4. Respuestas obtenidas en el área de gestión de la información.

	Pregunta	Participante								Total (Max 24)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Gestión de la información.	13	1	3	3	3	2	3	1	2	12
	14	3	3	2	3	3	3	1	1	19
	15	2	3	2	3	1	1	1	1	14
	16	2	2	2	3	1	1	1	1	13
	17	2	2	1	3	2	2	1	1	14
	18	1	2	2	2	1	2	1	2	13
	19	1	2	2	2	1	2	1	1	12
	20	1	2	3	3	2	2	1	1	15
	21	1	2	1	2	1	1	1	1	10
	22	1	1	2	3	1	1	2	1	12
	23	1	2	1	3	1	1	2	1	12
	24	1	2	2	2	1	1	1	1	11

Fuente: Propia (Excel, 2019).

En el área de gestión de la información como se observa en la Tabla 4, las preguntas con menor puntaje fueron la 21 y la 24, las cuales dicen:

21- ¿Realiza su empresa una medición del tiempo de inactividad de las máquinas para calcular su eficiencia?

24- ¿La gestión del mantenimiento utiliza índices de la industria como medidas de comparación?

De este grupo de preguntas se evidencia que el personal tiene problemas con la medición de tiempos de falla de las máquinas, los cuales del todo no se toman en cuenta para futuras decisiones o para un inventario del stock de repuestos. Esto imposibilita al departamento de mantenimiento manejar indicadores que involucren la medición de tiempos como tiempo entre fallas o disponibilidad del equipo, por ende, no hay índices de comparación que aseguren que se está mejorando en el proceso.

#### 4.1.3. Mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos.

**Tabla 5. Respuestas obtenidas en el área de mantenimiento preventivo y tecnológico de los equipos.**

	Pregunta	Participante								Total (Max 24)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos.	25	3	3		3	2	3	1	2	15
	26	3	3	3	3	2	1	1	1	17
	27	1	2	3	3	1	3	1	1	15
	28	3	2	3	2	3	2	2	2	19
	29	1	2	2	3	1	3	1	1	14
	30	1	1	2	2	1	3	1	1	12
	31	3	3	3	2	1	2	1	1	16
	32	1	2	2	2	2	2	1	1	13
	33	2	2	1	2	2	1	1	1	12
	34	1	2	2	2	3	2	1	2	15
	35	1	2	2	2	2	2	1	2	14
	36	1	1	3	3	1	3	1	1	14

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Para el área de mantenimiento preventivo y tecnología de los equipos como se observa en la Tabla 5, las preguntas más afectadas fueron:

30- ¿Su organización hace un seguimiento de los costos de mantenimiento preventivo y predictivo?

32- ¿La empresa trata de prevenir las averías y fallos más recurrentes?

33- ¿Están los operadores de producción y los técnicos de mantenimiento involucrados en las decisiones de selección de equipos?

Esto indica que la empresa no lleva un control de los repuestos necesarios para las máquinas, lo cual es de gran importancia para prevenir futuras averías y fallos.

Con un sistema de repuestos efectivo, este problema se podría solucionar, además de que tomando en cuenta las decisiones del operario y del técnico se pueden llegar a conclusiones más efectivas debido a que ellos son los que tratan día a día con la maquinaria.

#### 4.1.4. Planificación y programación.

Tabla 6. Respuestas obtenidas en el área de planificación y programación.

	Pregunta	Participante								Total (Max 24)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Planificación y programación.	37	1	3	3	3	2	3	1	2	15
	38	3	3	3	3	2	3	1	2	20
	39	2	2	3	1	1	3	1	1	14
	40	3	2	3	3	1	3	1	2	18
	41	2	2	2	3	1	1	1	1	13
	42	2	2	3	2	1	3	1	2	16
	43	3	2	3	3	1	1	2	2	17
	44	1	2	3	2	1	1	1	1	12
	45	3	2	3	2	1	1	1	2	15
	46	2	2	3	3	1	2	1	1	15
	47	1	2	3	3	2	2	1	1	15
	48	3	3	3	3	2	2	1	2	19

Fuente: Propia (Excel, 2019).

La auditoría evidenció que en el área de planificación y programación como se observa en la Tabla 6, las preguntas con menor puntaje fueron:

41- ¿Su empresa registra la información de una orden de trabajo en el historial del equipo?

44- ¿Utiliza su empresa planificadores de mantenimiento para planificar y preparar los trabajos de mantenimiento programados, como reparaciones y paradas importantes?

Es cierto que para cada semana la empresa tiene una cantidad definida de máquinas a las cuales se le hace mantenimiento preventivo, pero no se toman en cuenta por su criticidad, y no están programadas en un horario específico en el cual no afecte la producción de la empresa.

Por otra parte, se cuenta con boletas para el mantenimiento correctivo, las cuales indican lo urgente de la reparación y qué es lo que se debe hacer, pero no existe un procedimiento que guarde la información de las reparaciones que se les hacen a las máquinas, por lo que no hay historiales de falla, que en un futuro pueden ayudar enormemente al encargado de mantenimiento a la toma de decisiones.

#### 4.1.5. Soporte de mantenimiento

Tabla 7. Respuestas obtenidas en el área de soporte de mantenimiento.

	Pregunta	Participante								Total (Max 24)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Soporte de mantenimiento	49	1	2	3	3	2	1	2	1	17
	50	2	3	3	2	1	2	1	1	15
	51	1	2	3	3	2	1	1	1	14
	52	1	2	3	3	2	1	2	1	15
	53	1	1	3	2	2	1	2	1	13
	54	3	2	2	1	2	1	1	1	13
	55	2	3	2	3	1	1	1	1	14
	56	1	3	3	3	1	3	1	2	17
	57	1	3	3	3	3	2	1	2	18
	58	2	3	3	2	2	2	1	2	17
	59	1	2	3	3	2	2	1	2	16
	60	2	2	2	3	3	1	1	1	15

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Por último, el área de soporte de mantenimiento, como se observa en la Tabla 7, las preguntas con menor puntaje fueron la 51, la 53, la 54 y la 55, las cuales dicen:

51- ¿Se usan puntos de re-orden para el control del almacén de repuestos?

53- ¿Se tiene en cuenta el precio y el tiempo de entrega para todos artículos del inventario?

54- ¿Se comparten las metas y objetivos anuales de mantenimiento con los técnicos de mantenimiento?

55- ¿Los técnicos de mantenimiento participan en el establecimiento y cumplimiento de metas y objetivos para el departamento?

Esto evidencia la falta de control de parte del departamento de mantenimiento con respecto al manejo de repuestos, no se mide el tiempo desde que se pide el repuesto hasta que este llega a la empresa, no hay puntos de re-orden ni análisis de criticidad por lo que los paros se extienden durante varias semanas, afectando directamente a la producción y a los tiempos de entrega.

## CAPÍTULO 5. Modelo de gestión de mantenimiento.

### 5.1. Codificación de equipos

Con el fin de organizar los equipos de la planta en diferentes niveles, se replantea una codificación, asignado a cada nivel un nombre, como lo son áreas, equipos y sistemas, en los cuales se establecerán sus respectivos pertenecientes.

**Tabla 8. Codificación de los equipos de Ticoelectronics**

# Li.	Línea	# Mq	Máquina
BN	BN Motors	01	Crimping machine #1
BN	BN Motors	02	Crimping machine #2
BN	BN Motors	03	Crimping machine #3
BN	BN Motors	04	Crimping machine #4
BN	BN Motors	05	Crimping machine #5
BN	BN Motors	06	Crimp machine connectors
BN	BN Motors	07	Pull Test
BN	BN Motors	08	Oven UV
BN	BN Motors	09	Stripeadora
BN	BN Motors	10	Winders
BN	BN Motors	11	Balancers
BN	BN Motors	12	Heat Oven
BN	BN Motors	13	Hipot
BN	BN Motors	14	LCR
BN	BN Motors	15	Resistance
CW	Curtiss Wright	01	Wind 035
CW	Curtiss Wright	02	Wind 022
CW	Curtiss Wright	03	Winders
CW	Curtiss Wright	04	Balancers
CW	Curtiss Wright	05	Heat Oven
CW	Curtiss Wright	06	Hipot
CW	Curtiss Wright	07	LCR
CW	Curtiss Wright	08	Resistance
AI	Aircraft	01	Ionógrafo
AI	Aircraft	02	Test de estatores
AI	Aircraft	03	Máquina de vacío
AI	Aircraft	04	Solder pot
AI	Aircraft	05	Tester Switch-Anillos
AI	Aircraft	06	Tester (NV RAM)
AI	Aircraft	07	Planchas eching
AI	Aircraft	08	Horno

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Una vez que se tiene la lista de equipos organizada en sus diferentes niveles, se procede a explicar, más detalladamente, los niveles que requieren de más información para su comprensión, y así poder crear una sola tabla con la codificación respectiva para cada equipo.

**Tabla 9. Descripción del nivel.**

Nivel 1	
<b>BN</b>	BN Motors
<b>CW</b>	Curtiss Wright
<b>AI</b>	Aircraft

Fuente: Propia (Excel, 2019).

## 5.2. Criticidad de equipos

Cuando ya se tiene claro los diferentes equipos que presenta la organización y los diferentes productos con su respectivo proceso productivo a través de las diferentes máquinas, se puede determinar cuál es el equipo más importante y crítico para la empresa, con el fin de comenzar con el mismo a realizar un mantenimiento baso en la confiabilidad, para luego extenderlo a los demás equipos. Cabe destacar, que debido a que varios de los equipos realizan la misma función y se encuentran en el mismo contexto operacional para la formación del producto final, los mismos se agruparon en el análisis de uno solo en la siguiente tabla de criticidad, para que así se logre resumir una tabla que tendría datos repetitivos.

Antes de presentar la tabla en donde se preselecciona el equipo más crítico, es importante definir previamente los criterios con los cuales se llegó a dicha conclusión, por lo que se presenta en la siguiente tabla cada criterio con su respectiva explicación.

**Tabla 10. Criterios para evaluar en equipos de TicoElectronics.**

Criterio		Descripción
<b>A</b>	Frecuencia de Fallas	Número de veces que se repite un evento o falla en un determinado periodo de tiempo.
<b>B</b>	Impacto Operacional	Efecto en producción cuando una falla ocurre.
<b>C</b>	Flexibilidad Operacional	Posibilidad de ejecutar algún cambio rápido para proseguir con la producción sin incidir en pérdidas considerables.
<b>D</b>	Costo de Mantenimiento	En este caso se considera el costo de mano de obra en la reparación de una falla.
<b>E</b>	Impacto de Seguridad y en el Medio Ambiente	Evaluar las consecuencias que un equipo puede causar en personal o el medio ambiente.

Fuente: (Garrido, 2003)

Además, con el propósito de evaluar de una manera ordenada cada uno de los criterios mostrados anteriormente, se presenta una tabla con la escala de calificación.

**Tabla 11. Escala de evaluación para los criterios de evaluación.**

Calificación	Descripción
<b>0</b>	Nada importante
<b>1</b>	Poco importante
<b>2</b>	Importante
<b>3</b>	Muy importante

Fuente: (Garrido, 2003)

Tal y como se puede observar en la tabla anterior, cuando se le ha puesto el respectivo puntaje de calificación para del equipo, con cada criterio, se realiza una suma presentando el puntaje total, y si el mismo es mayor que 9, el equipo se considera crítico para la empresa, y de lo contrario se considera no crítico. Una vez entendido como se utiliza la tabla de criticidad, se puede proceder a realizar la misma para los diferentes equipos de la empresa y con este preseleccionar, como se dijo anteriormente, el equipo más crítico para empezar el RCM.

**Tabla 12. Puntuaciones de los equipos.**

Máquina	A	B	C	D	E	TOTAL	
Crimping machine #1	2	3	3	3	2	✓	13
Crimping machine #2	2	3	3	3	2	✓	13
Crimping machine #3	2	3	3	3	2	✓	13
Crimping machine #4	2	3	3	3	2	✓	13
Crimping machine #5	2	3	3	3	2	✓	13
Crimp machine connectors	1	2	3	1	0	✗	7
Pull Test	1	3	1	1	1	✗	7
Oven UV	1	2	1	0	1	✗	5
Stripeadora	2	2	2	3	1	✓	10
Winders	3	3	2	3	3	✓	14
Balancers	2	2	2	1	1	✗	8
Heat Oven	1	1	1	0	2	✗	5
Hipot	1	1	1	0	0	✗	3
LCR	1	1	1	0	0	✗	3
Resistance	1	1	1	0	0	✗	3
Wind 035	3	3	3	3	1	✓	13
Wind 022	3	3	3	3	1	✓	13
Winders	1	3	1	2	0	✗	7
Balancers	1	2	1	1	0	✗	5
Heat Oven	1	1	0	0	1	✗	3
Hipot	1	1	0	0	0	✗	2
LCR	0	1	0	0	0	✗	1
Resistance	0	1	0	0	0	✗	1
Ionógrafo	3	3	3	3	0	✓	12
Test de estatores	2	3	1	1	0	✗	7
Máquina de vacío	1	2	0	0	0	✗	3
Solder pot	0	1	0	0	0	✗	1
Tester Switch-Anillos	2	3	3	1	0	✓	9
Tester (NV RAM)	2	2	2	1	0	✗	7
Planchas eching	0	1	0	0	0	✗	1
Horno	0	1	0	0	1	✗	2

Fuente: Propia (Excel, 2019).

### 5.3. Ordenes de trabajo

#### 5.3.6. Flujo-grama orden de trabajo de mantenimiento correctivo

Para construir el flujo-grama a proponer de mantenimiento correctivo se siguen los pasos de la presentación del curso, por lo que seguidamente se definirán las personas que participarán y las funciones que tienen.

1. Solicitante:

- Llenar la solicitud del trabajo.
- Enviar la solicitud de trabajo al jefe de mantenimiento.

2. Jefe de mantenimiento:

- Revisar la solicitud de trabajo.
- Analizar la solicitud de trabajo.
- Definir el grado de urgencia.
- Verificar existencia de repuestos.
- Generar las órdenes de trabajo.
- Definir si el encargado de mantenimiento puede realizar el mantenimiento.
- Enviar la orden de trabajo al encargado de mantenimiento.
- Realizar el mantenimiento que no puedan los encargados.
- Solicitar la ayuda de terceros en caso de no poder realizar la acción.
- Completar la orden de trabajo.
- Verificar que los mantenimientos se hayan hecho correctamente.
- Firmar las órdenes de trabajo.
- Guardar la orden de trabajo.

3. Operario:

- Realizar los trabajos solicitados por el jefe de mantenimiento.
- Escribir observaciones del trabajo para retroalimentación.
- Firmar la orden de trabajo.
- Devolver la orden de trabajo al jefe de mantenimiento.

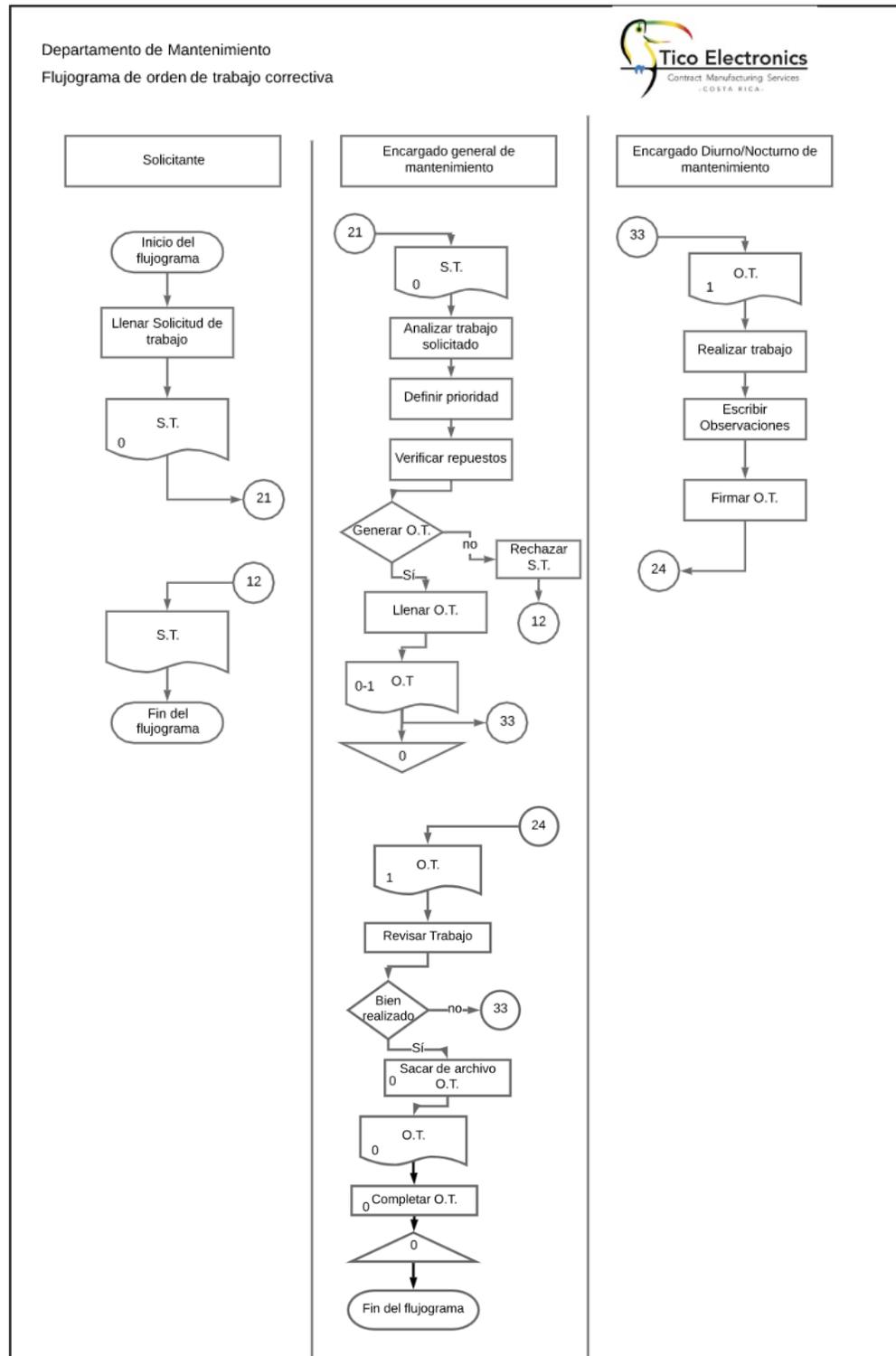


Figura 6. Flujo-grama de orden de trabajo correctiva.

Fuente: Propia (Lucidchard).

El flujo-grama inicia en el solicitante; quien puede ser cualquier persona, luego de esto se llena la solicitud de orden de trabajo, esta es enviada al encargado general de mantenimiento, a donde se analizará el trabajo que se solicitó, además se define a prioridad de la solicitud de trabajo; luego de esto se verifican que los repuestos se encuentren en bodega.

Si fuera el caso en el que no se genera la orden de trabajo se devuelve la solicitud de trabajo al solicitante explicando por qué no se generó la orden de trabajo, y ahí mismo termina el flujo-grama.

Si fuera el en el que se genera la orden de trabajo, se generan dos copias, se llenan ambas, se archiva temporalmente la original y se envía la copia 1 al encargado de mantenimiento. Este realiza el trabajo que le corresponda, escribe las observaciones para la retroalimentación, seguidamente firma la orden de trabajo y la envía nuevamente al encargado general.

El encargado general revisa el trabajo, si el trabajo no se hizo correctamente se le vuelve a enviar la orden de trabajo al encargado diurno o nocturno; pero si el trabajo no tiene ningún problema se saca la orden de trabajo original para completarla y firmarla; por último, se archiva permanentemente la original para respaldo y para retroalimentación.

### 5.3.7. Flujo-grama de orden de trabajo de mantenimiento

Al igual que para construir el flujo-grama de órdenes de trabajo para mantenimiento correctivo en el flujo-grama de órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo se siguen los pasos que se indican en la presentación del curso, por lo que seguidamente se mostraran los empleados que participan en el flujo-grama con sus respectivas funciones:

1. Encargado general de mantenimiento.
  - Verificar de la existencia de repuestos.
  - Generar las órdenes de trabajo.
  - Enviar las órdenes de trabajo a los encargados de mantenimiento.
  - Revisar los trabajos de mantenimiento.
  - Verificar que el trabajo se realizó correctamente.
  - Completar la orden de trabajo.
  - Archivar la orden de trabajo para retroalimentación.
  - Firmar las órdenes de trabajo.
2. Encargado diurno/nocturno de mantenimiento.
  - Realizar la asignación de mantenimiento preventivo.
  - Realizar pruebas a las máquinas.
  - Realizar inspecciones.
  - Escribir observaciones para la retroalimentación.
  - Firmar las órdenes de trabajo.

A continuación, se presenta el flujo-grama propuesto para órdenes preventivas:

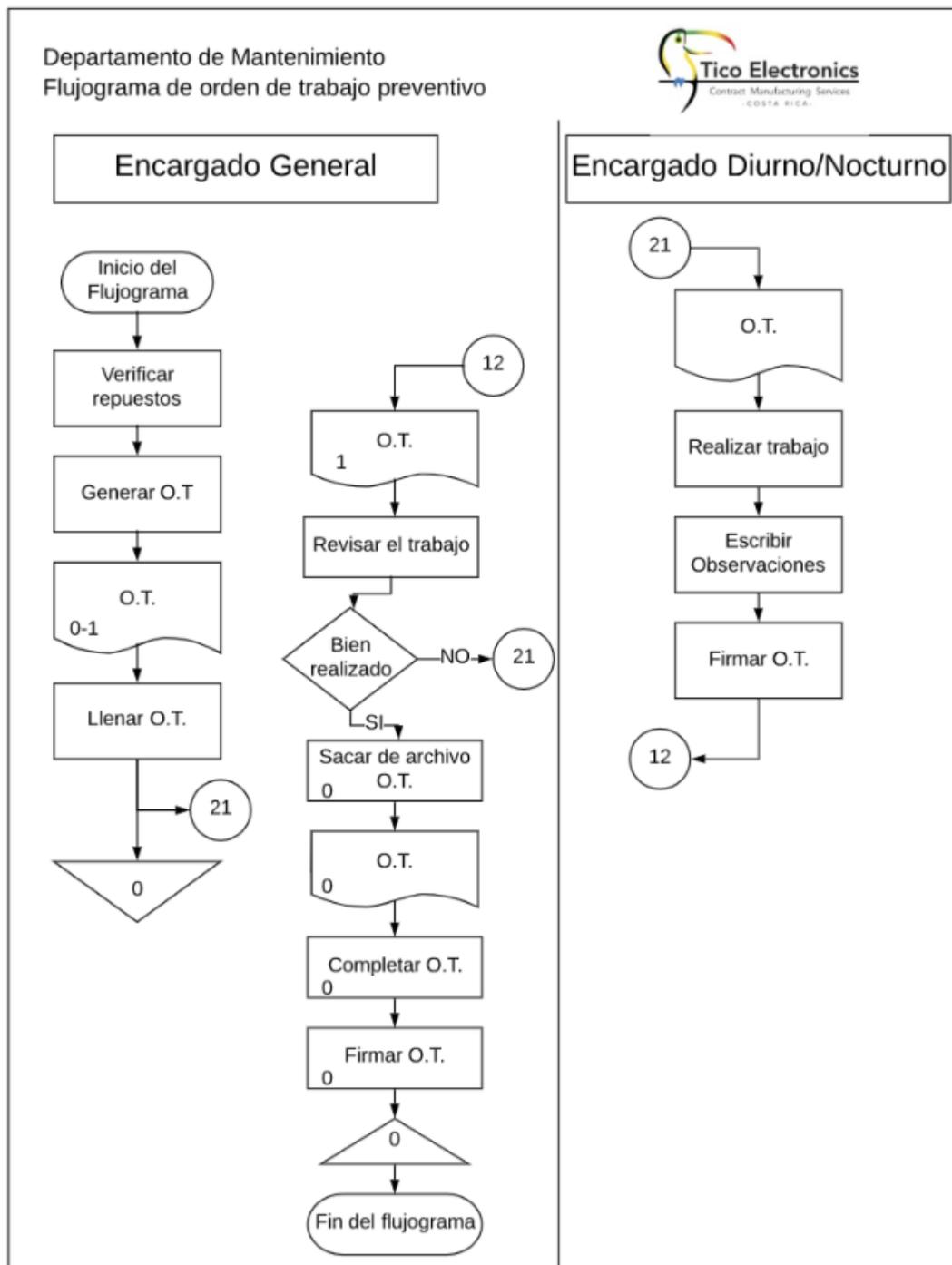


Figura 7. Flujo-grama de orden de trabajo para mantenimiento preventivo.

Fuente: Propia (Lucichard).

El flujo-grama para órdenes de trabajo preventivas, a diferencia de otros flujogramas como el correctivo en el cual se tiene que generar una solicitud de orden de trabajo, inicia sin una solicitud de trabajo, debido a que el mantenimiento preventivo es previamente programado y se tiene una frecuencia establecida para la realización de este.

El presente flujo-grama comienza con el encargado general de mantenimiento (primera columna), con la función de verificar la disponibilidad de herramientas necesarias en la bodega de mantenimiento. Seguidamente, la misma persona genera la orden de trabajo, creando dos copias, una para enviar al encargado diurno/nocturno de mantenimiento (copia 1) y la otra para guardarla en un archivo temporal (copia 0).

El encargado diurno/nocturno de mantenimiento (columna 2), recibe la copia 1 de la orden de trabajo, y realiza el trabajo solicitado según las especificaciones establecidas en la orden de trabajo. Una vez realizado el trabajo, escribe observaciones el mismo que puedan contribuir para que el encargado general de mantenimiento esté completamente enterado del proceso de realización del trabajo; y por último firma la orden de trabajo, como el responsable de la realización el mismo, y la envía nuevamente al encargado general de mantenimiento (columna 1).

El encargado general de mantenimiento recibe la O.T. (copia 1), y revisa el trabajo realizado, decidiendo si el trabajo se realizó de la manera correcta, para lo cual tiene dos opciones:

- En el caso de que el trabajo no se haya realizado de la manera correcta, se devuelve la orden de trabajo al encargado diurno/nocturno de mantenimiento, para que el mismo vuelva a realizar el trabajo, seguido los pasos como escribir observaciones y firmar la O.T., tal y como se explicaron anteriormente.
- En el caso de que el trabajo si se haya realizado de la manera correcta, el encargado general saca del archivo la copia 0 de la orden de trabajo, que fue previamente guardada en un archivo temporal. La orden de trabajo es completada con la información proveniente de la copia 1, y por último firmada para ser guardada en el archivo permanente de órdenes de trabajo.



A continuación, se muestra cómo se tiene que llenar la Orden de Trabajo:

- Numero de orden de trabajo: Se refiere al número consecutivo de la orden de trabajo.
- Fecha de trabajo: En este espacio va el día, el mes y el año en que se realiza la orden de trabajo.
- Hora de inicio del trabajo: este espacio se completa con la hora en que se empezó el trabajo.
- Hora final del trabajo: este espacio se completa con la hora en que se finalizó el trabajo
- Equipo: Corresponde al nombre de la máquina a la que se le va a aplicar la reparación.
- Código: se refiere al código de la máquina a la que se le practica la reparación.
- Tipo: corresponde al tipo de orden de trabajo, si es correctiva, preventiva o programada.
- Prioridad: en este espacio se completa dependiendo de la importancia de la reparación, por ejemplo, emergencia, urgente, normal, programado o aplazable.
- Paro de equipo: en este espacio se registra si es necesario hacer el paro del equipo para realizar la reparación.
- Solicitante: aquí se anota el nombre de la persona que realiza la solicitud de la orden de trabajo.
- Responsable: En este espacio se anota el nombre de la persona que realiza el mantenimiento, por lo que en caso de que la tarea se haya hecho mal, se pueda encontrar al responsable.

- Descripción del trabajo: en este espacio se escribe la descripción de la tarea a realizar.
- Indicaciones de seguridad: se menciona los implementos de seguridad que se deben usar en la tarea y si se debe tomar alguna otra consideración.
- Repuesto: en este cuadro se escriben los repuestos que se utilizaran en la reparación.
- Cantidad: es la cantidad del respectivo repuesto que se utilizó en la reparación del equipo.
- Herramientas por utilizar: este espacio se completa con las herramientas que se utilizaron para realizar la reparación.
- Autorizado por: en este espacio se escribe el nombre del encargado general de mantenimiento.
- Observaciones: en este espacio se escriben todas las cosas extra que se requieren para dar la información completa de la reparación.
- Ejecutor de trabajo: en este espacio se firma quien realizó el trabajo.
- Encargado general de mantenimiento: en este espacio firma el encargado general de mantenimiento.

## CAPÍTULO 6. Síntesis del modelo de gestión propuesto

A partir de la auditoría MES y la problemática descrita anteriormente analizando sus resultados, se propone el siguiente modelo de gestión en mantenimiento, el cual consiste en una serie de etapas que integran los procesos asociados a la planificación, ejecución, control y mejora del mantenimiento Tico Electronics.

### MODELO DE GESTIÓN PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TICOELECTRONICS

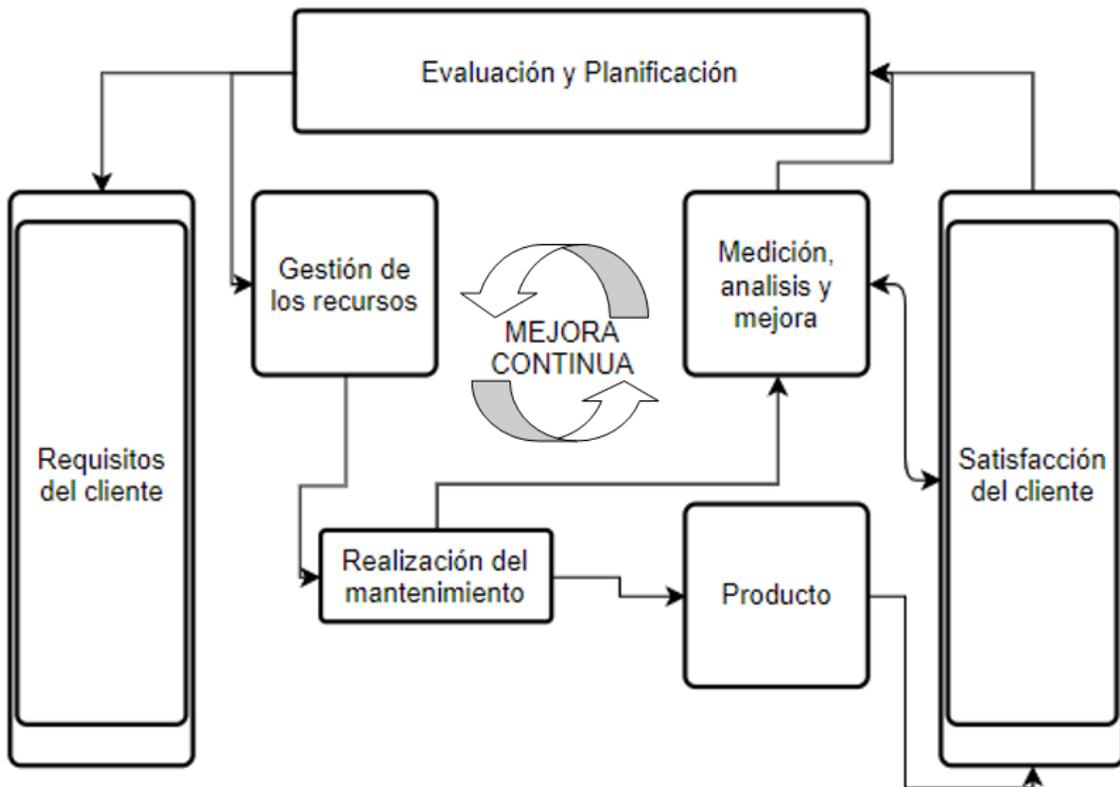


Figura 9. Diagrama del modelo de gestión.

Fuente: Propia (online.visual-paradigm.com)

## **6.1. Planificación**

La etapa de planificación consiste en las tareas a corto, mediano y largo plazo, las cuales tienen como objetivo primordial la disponibilidad de los equipos de producción, en las tareas a corto plazo se analizó la situación actual del Departamento de Mantenimiento mediante la auditoría MES acerca de la Gestión en Mantenimiento. Luego se llevó a cabo una evaluación de criticidad de los equipos para enfocarse únicamente a los de mayor necesidad.

En las tareas a mediano plazo, se encuentran la planificación del mantenimiento correctivo y preventivo, y en caso de ser necesario predictivo, el cual va a depender de la información obtenida de los equipos con el pasar del tiempo. Además, a mediano plazo se encuentran también las estrategias de mantenimiento que se van a aplicar a los repuestos y la medición de tiempos de reparación de las máquinas.

Por último, la meta primordial a largo plazo consiste en obtener la disponibilidad total de los equipos, la cual va a disminuir considerablemente los tiempos muertos de producción, y beneficiará la competitividad del negocio, siempre en busca de un sistema integral que permita controlar y evaluar el impacto del mantenimiento para la mejora continua.

## **6.2. Gestión de los Recursos**

Esta etapa abarca los puntos como el manejo de recurso humano y cómo se va a gestionar este para intervenir los equipos, de forma que los mantenimientos correctivos y preventivos se apliquen en tiempos en los que no se afecte la producción. Además, se contempla la gestión de información, de los repuestos y materiales que se van a necesitar para los diferentes mantenimientos, esto al final nos facilitará la toma de decisiones y si existe el capital o los recursos económicos para realizar cualquier intervención en los equipos de producción.

### **6.3. Realización del mantenimiento**

Esta etapa consiste en la ejecución de las intervenciones planeadas (preventivo y predictivo) y correctivas de los equipos de producción, para este punto ya se habrá realizado la gestión de los recursos tanto del material como humano.

### **6.4. Producto/ Medición, análisis y mejora**

La etapa de Producto y medición, análisis y mejora consiste en el chequeo de los indicadores de rendimiento mediante la metodología del Cuadro de Mando Integral, la revisión del inventario y el presupuesto disponible para este, además de mediciones de disponibilidad del producto siempre buscando la máxima operación y la preservación de las funciones.

### **6.5. Requisitos y satisfacción del cliente**

El modelo de gestión en Mantenimiento contempla los requerimientos de los clientes del Departamento, de modo que se establezca un canal de comunicación que permita la coordinación durante la planificación, y lo relacionado con los mantenimientos de nuevos procesos, especificaciones de calidad, manejo de horas hombre laboradas correctamente y si son necesarias horas extra, volumen de producción, valoración de los indicadores. Con esto se busca la satisfacción de los clientes finales que son a los que se les envía el producto final.

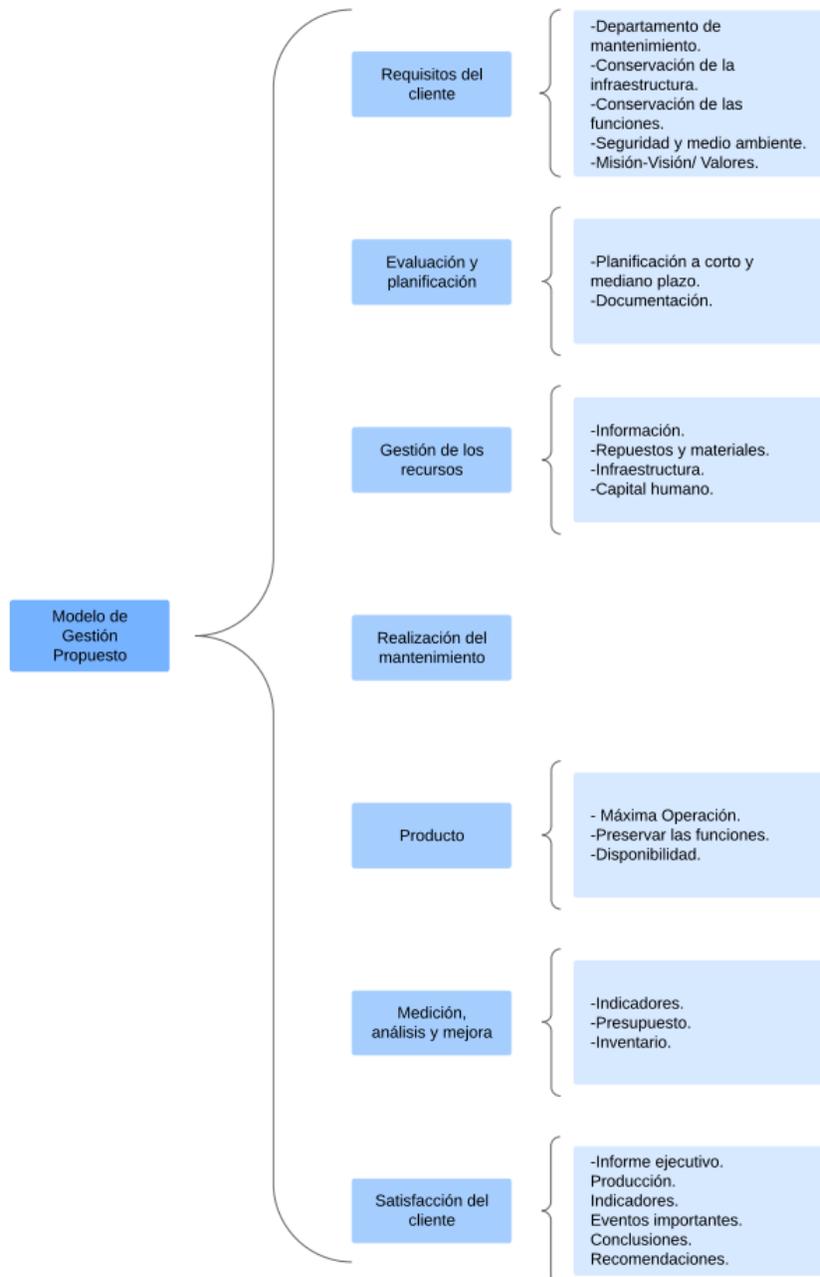


Figura 10. Modelo de Gestión detallado.

Fuente: Propia(lucidchart).

## **CAPÍTULO 7. Mantenimiento preventivo basado en confiabilidad (RCM)**

Un mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad (RCM), es diferente para cada equipo o sistema que se presente en la empresa, esto quiere decir que en el mismo RCM no se deben de incluir dos o más equipos, ya que los mismos realizan funciones diferentes; por lo que para el presente plan de mantenimiento RCM, como ya se han organizado los equipos anteriormente, se explicará cuáles son los equipos presentes en cada proceso de producción para los productos finales, para que así más adelante se pueda seleccionar cual es el equipo que más afectaría a la producción en la empresa, en el caso de que el mismo falle.

Teniendo seleccionado el equipo que presenta mayor criticidad, se procede a realizar concretamente el RCM, en el cual se deben de identificar las principales funciones de la máquina, así como sus posibles fallas funcionales, causas y acciones a tomar para evitar los fallos; por lo que en este caso el plan se limitará a encontrar tres funciones para la máquina seleccionada, tres fallas funcionales para cada función y tres modos de falla para cada falla funcional.

### **7.1. Falla funcional**

Se dice que se presenta una falla funcional cuando el recurso deja de cumplir la función para la cual fue diseñada (Valverde Vega, 2006). Por lo que cuando el recurso está fallado no se cumplen las funciones mencionadas anteriormente.

El objetivo de un plan de mantenimiento basado en RCM es aumentar la confiabilidad de las máquinas, por lo que en el caso de la extrusora se pretenden encontrar la mayor cantidad y variedad de fallas funcionales para cada función; y de esta forma predecir, evitar y anticipar las fallas, así reducir los tiempos de máquina detenida, y parar la máquina solo para hacer acciones de mantenimiento e inspecciones.

Para cada una de las funciones que se mencionaron se tienen fallas funcionales; por lo que seguidamente se presentará una tabla en donde se muestren estas por cada una de las funciones.

**Tabla 13. Falla funcional máquina de crimp.**

<b>FUNCION</b>		<b>FALLA FUNCIONAL</b>	
1	Instalar la terminal de crimp al cable conductor.	1	Ningun movimiento de la cabeza de crimp
		2	Movimiento muy fuerte de la cabeza de crimp
		3	Movimiento muy suave de la cabeza de crimp

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Las fallas funcionales para la única función de la máquina de crimp, está relacionadas con la colocación correcta del crimp en el cable, por lo que el efecto de estas fallas va a estar muy relacionadas con la cabeza del crimp. Algunas de los modos de falla mencionados en la hoja de trabajo RCM son no hay movimiento, el movimiento es muy fuerte o movimiento muy suave.

## 7.2. Modos de falla

Se define el modo de falla como la causa que ocasiona cada falla funcional, es decir el modo de falla provoca la pérdida de la función total o parcial de un activo en su contexto operacional (cada falla funcional puede tener más de un modo de falla).

Tabla 14. Modo de falla máquina de Crimp.

FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	
1	Ningun movimiento de la cabeza de crimp	1	Motor averiado
		2	Sensor no detecta cable
		3	Presión de trabajo nula

Fuente: Propia (Excel, 2019).

## 7.3. Efectos de falla

Se incluye la información que ayude a comprobar el modo de fallo, por ejemplo:

- Que pasa cuando la falla ocurre.
- Representa una amenaza para la integridad o el medio ambiente.
- Que daños al material o proceso ocasiona.

Tabla 15. Efectos de falla para la máquina de crimp.

MODO DE FALLA		EFFECTOS
1	Motor averiado	La cabeza de crimp no responde.
2	Sensor no detecta cable	Lá máquina no detectael cable y por esto no inicia el movimiento de lacabeza
3	Presión de trabajo nula	La máquina no responde debido a que no tiene presión de trabajo

Fuente: Propia (Excel, 2019).

#### **7.4. Mantenimiento preventivo**

En el presente trabajo se realizaron los manuales de mantenimiento preventivo según periodos de tiempo necesarios, estos fueron realizados para los equipos marcados anteriormente como críticos, en la Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16 y Figura 17 se muestra el procedimiento que se debe seguir semanalmente a las máquinas de crimping; sin embargo, los demás procedimientos se encuentran disponibles en los anexos.

Es importante mencionar que antes de realizar el presente instructivo de mantenimiento de la máquina de crimping, se le realizó a la misma un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad, en el cual se determinaron, para cada función de la máquina, las posibles fallas que podrían afectar el funcionamiento del activo, con sus posibles causas, y para cada una de las fallas, las acciones que se consideran importantes con el fin de eliminar las posibles causas que llevaron a cada falla.

Cada instructivo ya tiene una frecuencia establecida según las necesidades de la máquina, por lo que se implementó el uso de un cronograma de mantenimiento preventivo en el programa de Excel el cual se puede observar en la Tabla 16 y la Tabla 17, el cual detalla la máquina, la marca de la máquina, el tipo de técnico que debe realizar el trabajo, y la semana respectiva del año en la que se tiene que hacer el mantenimiento. Así habrá un control de las tareas que se deben realizar a la semana y cada máquina tendrá un registro el cual se llenará dependiendo si las tareas del instructivo se llevaron a cabo o no se pudieron realizar, este cronograma está disponible en los anexos.



En el cronograma anterior se especifica la semana que le toca a cada máquina recibir el mantenimiento preventivo, y en la columna de descripción la celda está enlazada a un registro que va a ser único de cada máquina, el cual lo llenan los responsables para asegurarse de que el mantenimiento se realizó. Los registros digitales de cada máquina tienen información como el número de activo, el modelo de la máquina, la ubicación, y lo que se llena de parte del técnico es, la fecha, el tipo de mantenimiento, si este cambió de frecuencia, el responsable del mantenimiento y al final hay una celda para notas en caso de que se encontrara algo fuera de lo normal, además de que se menciona el código del manual en donde se especifica el procedimiento para el mantenimiento, el cual se encuentra físico en cada línea productiva, el formato del registro único se muestra a continuación:

**Tabla 18. Registro del mantenimiento preventivo.**

 <b>Tico Electronics</b> <small>Electronic Contract Manufacturing Services Costa Rica</small>	<b>Registro Proceso Apoyo:</b> <b>Ficha de Equipo para Mantenimiento</b> <b>Código: R-PRO-41</b>				Página: Ver pie de Página Versión: 2				
	Elaborado por: Departamento Calidad				Aprobado por: QA				
<b>CÓDIGO ACTIVO</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>UBICACIÓN</b>		<b>RESPONSABLE EQUIPO</b>		
OOMQ147BB		Maquina de Wind #5			BN MOTOR		Ingeniero Producción		
<b>MARCA</b>		<b>MODELO</b>		<b>FRECUENCIA</b>		<b>FECHA INCLUSIÓN</b>		<b>SERIE</b>	
				CADA 3 MESES				N/A	
<b>DESCRIPCIÓN MANTENIMIENTO</b>									
Procedimiento detallado en el manual de mantenimiento en Nido. (M-BNM-14)									
Fecha	Tipo		Estado		Motivo de la desviación	Cambia Frecuencia	Nueva Frecuencia	Responsable Mantenimiento	Notas
	Prev.	Corr	Aprob	Reprob					
Sem 45-2018	Si	No	Si	No	No	No	No	Yadir Bermudez	-
Sem 09-2019	Si	No	Si	No	No	No	No	Gabriel Gonzalez	-

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 1 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha: <b>04-Sep-17</b>
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



# Tico Electronics Machine maintenance manual

Máquinas de Crimping

**00MQ125CG**

**00MQ152CI**

**00PR016MQ**

**00MQ057CI**

**PR00201**

**PR00165**

**BN MOTORS**

[Tico Electronics Copia NO CONTROLADA / Impreso por: 1MS001118 / Fecha impresión: 24/05/2019](#)

*Figura 11. Mantenimiento preventivo Crimp p. 1*

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 2 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

A. Control de Revisión de Dibujo de Ingeniería y MU-WI Moog

CELDA A LA QUE PERTENECE	# DE MANUAL	Encargados
N/A	N/A	<b>Tico Electronics:</b> Kenneth Castro Program Manager BN line <b>Moog Murphy:</b> Tim Hogsed Manufacturing Engineer

B. Control de Cambios en el Documento Tico Electronics

Fecha de Cambio	Descripción del cambio	Aprobado por
28/07/2017	Creación de la instrucción de uso.	Kenneth Castro Tim Hogsed

Figura 12. Mantenimiento preventivo Crimp p. 2

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 3 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

### Mantenimiento Semanal

#### Máquina: De Crimping

**NOTA:** Se debe registrar el cumplimiento de los procedimientos de este manual en el registro **R-BNM-166**

#### 1. Limpieza profunda

Desprender la cabeza de la máquina como se menciona en su respectivo manual de uso. Utilizando aire comprimido, soplar la cabeza y su base para eliminar cualquier tipo de residuo, de ser necesario utilizar unas pinzas para remover el material atascado.



[Tico Electronics](#) Copia NO CONTROLADA / Impreso por: 1MS001118 / Fecha impresión: 24/05/2019

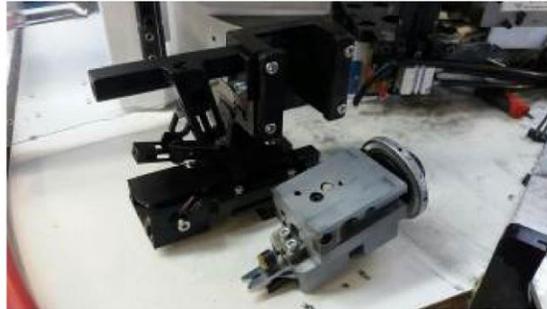
*Figura 13. Mantenimiento preventivo Crimp p. 3*

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 4 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

**2. Limpieza de cuchilla.**

Desarmar la cabeza de crimping como se muestra a continuación, presionando la pieza que se muestra en la siguiente figura:



[Tico Electronics\\_Copia NO CONTROLADA/ Impreso por: 1MS001118 / Fecha impresión: 24/05/2019](#)

*Figura 14.Mantenimiento preventivo Crimp p. 4*

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 5 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

Utilizando un trapo con alcohol, limpiar la pieza que sostiene las cuchillas y con un cepillo suave remover cualquier tipo de material residual. Revisar por medio de una lupa las cuchillas, en caso de que estas presenten algún daño se deberán reemplazar.



[Tico Electronics](#) Copia NO CONTROLADA / Impreso por: 1MS001118 / Fecha impresión: 24/05/2019

*Figura 15. Mantenimiento preventivo Crimp p.5*

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 6 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



### 3. Limpiar y re-engrasar cabeza de Crimping.

Utilizando un trapo con alcohol, limpiar las dos piezas de la cabeza de crimping en su totalidad para quitar cualquier residuo de lubricante que estas tengan:



[Tico Electronics](#) Copia NO CONTROLADA/ Impreso por: 1MS001118 / Fecha impresión: 24/05/2019

*Figura 16.Mantenimiento preventivo Crimp p.6*

Fuente: Tico Electronics

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 7 de 7
	<b>Mantenimiento preventivo semanal Máquina de crimping.</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -02</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

Lubricar las zonas donde haya tornillos y partes móviles:



Lubricar alrededor de la pieza que sujeta las cuchillas para volver a colocarla en su sitio como se muestra en la siguiente figura, utilizando la pieza que se presionó inicialmente para desprenderla:



Colocar la cabeza nuevamente a la máquina, realizar 2 pruebas de crimping con su respectivo control de calidad para asegurar que la máquina está funcionando correctamente.

*Figura 17. Mantenimiento preventivo Crimp p.7*

## CAPÍTULO 8. Balance Score Card

La eficiencia de los diferentes procesos será determinada por el BSC, a su vez, este medirá, evaluará y controlará el mantenimiento.

En este proyecto se procedió a realizar una propuesta para calcular los indicadores que se ajusten más a la actualidad y permitan establecer el control del mantenimiento.

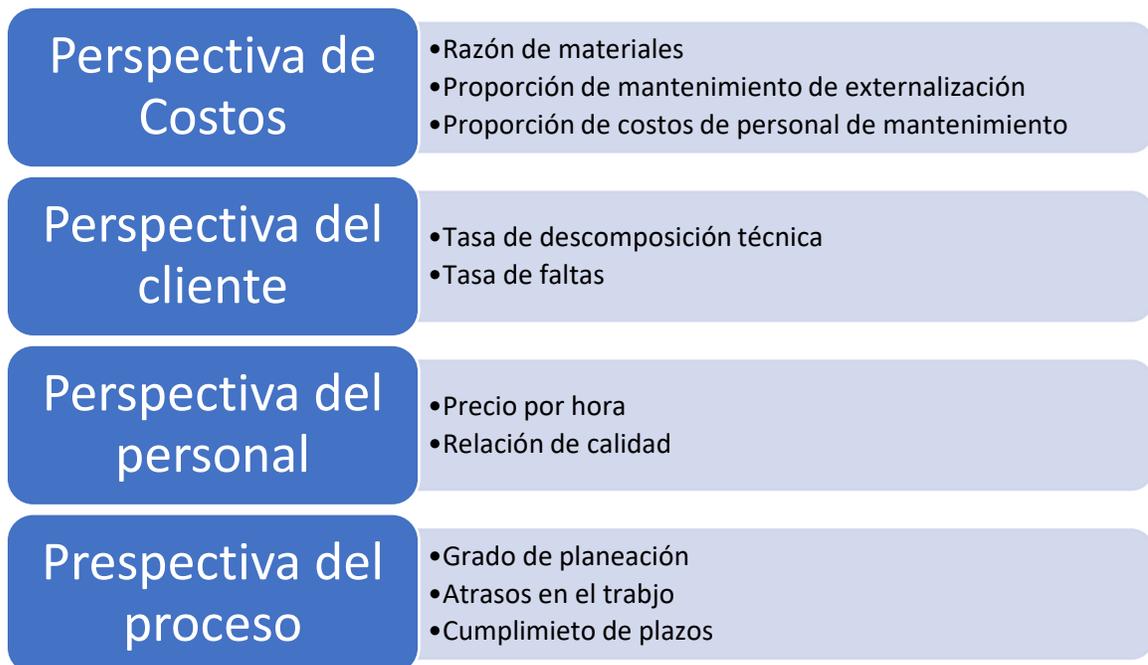


Figura 18. Propuesta de los indicadores a usar en el BSC.

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Lo que pretende el cálculo y la medición de los indicadores es brindar una manera fácil para la comparación de los resultados, por lo que se plantea un sistema mediante el cual la empresa puede revisar los indicadores desde ahora en adelante.

## 8.1. Perspectiva del proceso

Controlan los intervalos de falla que posee la empresa, tiempo invertido por el personal de la empresa y el grado de planificación de las órdenes de trabajo.

### 8.1.1. Tiempo medio entre fallas

El tiempo medio entre fallas es el tiempo promedio durante el cual no ocurren fallas en la máquina, esta se calcula dividiendo el tiempo de trabajo entre el número de paros de la máquina, tal y como se muestra en la siguiente fórmula:

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo de trabajo}}{\# \text{ paros}}$$

Para hacer el cálculo del tiempo medio entre fallas se necesitan datos como el tiempo de trabajo de la máquina y la cantidad de paros, los cuales se obtienen de la información recopilada de las órdenes de trabajo correctivas. Sin embargo, la información no está explícita en la orden de trabajo, por ejemplo, el tiempo de trabajo es la cantidad de horas que la máquina se mantiene en uso durante el mes y el número de paros obtiene contando el número de órdenes de trabajo correctivas en las que la máquina se detengan debido a una falla, este dato también se toma mensualmente.

Seguidamente se tiene un cuadro propuesto, el cual puede ser utilizado como herramienta para el cálculo del tiempo medio entre fallas:

**Tabla 19. Propuesta para el TMEF.**

Máquina	Mes			Año
	Tiempo de trabajo (horas)	Cantidad de paros	TMEF (Horas)	Meta mínima (Horas)
Extrusora de royo negro				

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Como se mencionó anteriormente el cálculo de los indicadores se hace mensual, sin embargo, el cálculo de la meta de los indicadores se hace anual, y está dado por una tendencia. Para obtener esta tendencia se necesita tener un historial de indicadores durante un periodo de tiempo de aproximadamente 6 meses, por lo que en este caso la meta será calculada bajo el criterio del 10%, donde la meta del tiempo medio entre fallas será el 10% del tiempo de trabajo de la máquina.

### 8.1.2. Tiempo medio entre reparaciones

El tiempo medio entre reparaciones es el promedio de lo que duran las reparaciones, o sea el tiempo de paro de las máquinas dividido entre el número de paros, es calculado con la siguiente fórmula:

$$TMER = \frac{\text{Tiempo de paro}}{\# \text{ paros}}$$

Para hacer el cálculo del tiempo medio entre reparaciones se necesitan datos como el tiempo de paro de la máquina y la cantidad de paros, los cuales al igual que el indicador anterior, estos se obtienen de la información recopilada de las órdenes de trabajo correctivas. En este caso el tiempo de paro se calcula sumando el tiempo de todas las reparaciones que hicieron durante el mes, en la cuales se detuvo la máquina por un fallo, y el número de paros obtiene contando el número de órdenes de trabajo correctivas en las que la máquina se detengan debido a una falla, este dato también se toma mensualmente.

Se muestra una propuesta para la toma de datos y el cálculo del tiempo medio entre reparaciones:

**Tabla 20. Propuesta para el TMER**

Máquina	Mes			Año
	Tiempo de paro (horas)	Numero de paros	TMER (Horas)	Meta mínima (Horas)
Extrusora de royo negro				

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Al igual que el indicador anterior su cálculo se hace mensual, y el cálculo de la meta del indicador se hace anualmente, la nueva meta se selecciona de acuerdo a la tendencia que muestre la curva del indicador, la cual sale del historial de los datos.

Al igual que el tiempo medio entre fallas, la meta del tiempo medio entre reparaciones calculará eligiendo una de las fallas más comunes que tiene la máquina, con el criterio del diez por ciento se conoce que se dan 10 paros mensuales.

## **8.2. Perspectiva del cliente**

Se permite que los equipos estén en condiciones de funcionamiento al momento que se necesiten, bajo condiciones operacionales en un tiempo dado.

### **8.2.3. Disponibilidad**

El cálculo de la disponibilidad depende de los indicadores anteriores por lo que se recomienda que las fórmulas sean programadas en Excel y que los cálculos se encuentren vinculados para que el cálculo se realice automáticamente.

La disponibilidad es la probabilidad de que la maquina opere cuando requiera ser utilizada, y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Disp = \frac{TMEF}{(TMEF + TMER)}$$

El cálculo de la disponibilidad se va a realizar mensualmente al igual que los indicadores presentados anteriormente. En cuanto más alto sea el valor del porcentaje de disponibilidad de las máquinas mejor está el indicador, por lo que la empresa busca un aumento en la meta de disponibilidad cada año.

Seguidamente se propone el cuadro para el cálculo de la disponibilidad.

**Tabla 21. Propuesta para la disponibilidad.**

Máquina	Mes			Año
	TMEF	TMER	Disponibilidad (%)	Meta mínima (%)
Extrusora de royo negro				

Fuente: Propia (Excel, 2019).

#### 8.2.4. Confiabilidad

El indicador de confiabilidad es la probabilidad de que la máquina realice su función correctamente. Esta se calcula mediante la siguiente formula:

$$R(t) = e^{\frac{-1}{TMEF}t} \times 100$$

A continuación, se muestra el cuadro propuesto para el cálculo de la confiabilidad:

**Tabla 22. Propuesta para la confiabilidad.**

Máquina	Mes		Año
	TMEF	Confiabilidad (%)	Meta mínima (%)
Extrusora de royo negro			

Fuente: Propia (Excel, 2019).

Tabla 23. Indicadores del BSC

INDICADORES PROPUESTOS PARA TICOELECTRONICS								
								
Tipo de perspectiva	Objetivo de la perspectiva	Indicador	Descripción	Fórmula	Unidades	Obtenido de	Valores a alcanzar	Frecuencia de cálculo
Costos	Mantener la inversión en mantenimiento externo en un rango aceptable en costo/beneficio para la empresa	Porcentaje de mantenimiento por terceros	Relaciona la relación de costo de mantenimiento externo con el costo total de mantenimiento	$\frac{\text{Servicio de Terceros}}{\text{Costo Total de Mnto}}$	%	Facturas de mantenimiento externo	90%	Trimestral
	Mantener los costos del plan de mantenimiento en un rango aceptado por la gerencia que permita garantizar el funcionamiento de los equipos y a su vez conservar la rentabilidad del negocio	Proporción de material	Permite conocer el volumen de costos que representan las compras de material para Mto	$\frac{\text{Costo materiales Mnto}}{\text{Costo Total de Mnto}}$	%	Facturación de compra de materiales	85%	Trimestral
		Costos de personal de Mto	Relaciona el costo de personal con el costo total del plan de Mto	$\frac{\text{Costo personal de Mnto}}{\text{Costo Total de Mnto}}$	%	Fomularios de inspecciones y órdenes de trabajo	90%	Trimestral
Cliente	Permitir que los equipos funcionen en el momento en que se requiere que estos lo hagan bajo condiciones operativas en un tiempo dado.	Confiabilidad	Determina la probabilidad de que el equipo cumpla su función sin fallas en un tiempo dado	$\frac{-1}{e^{TMEF}}$	%	Datos almacenados	80%	Trimestral
		Disponibilidad	Relaciona el tiempo de funcionamiento del equipo con el tiempo que se tardan reparándolo	$\frac{TMEF}{(TMEF + TMER)}$	%	Datos almacenados	95%	Trimestral
Proceso	Proporcionar servicios de mantenimiento a la empresa de forma rápida y eficiente de forma que satisfaga las necesidades de la producción y con el menor caso de eventos inesperados y fallas	Razón de rendimiento	Compara las órdenes atendidas con el número de órdenes realizadas	$\frac{\text{Ordenes de Mnto completadas}}{\text{Total de ordenes}}$	%	Registro de órdenes de trabajo e inspecciones	85%	Trimestral
	Controlar los intervalos de falla que posee la empresa, tiempo invertido por el personal de la empresa y el grado de planificación de las órdenes de trabajo	Tiempo medio entre reparaciones (TMER)	Relaciona el tiempo que se tarda en arreglar fallas con el número de fallas	$\frac{\text{Tiempo de paro}}{\# \text{ paros}}$	h	Órdenes de trabajo	(5-10) horas	Trimestral
		Tiempo medio entre fallas (TMEF)	Relaciona las horas operativas totales con el número de fallos	$\frac{\text{Tiempo de trabajo}}{\# \text{ paros}}$	h	Órdenes de trabajo	1008 ± 50	Trimestral
		Tiempo medio para fallar (TMEF)	Relaciona el tiempo que operó un ítem con la cantidad de fallas	$\frac{\text{Tiempo de operación}}{\# \text{ paros}}$	h	Órdenes de trabajo.	1008 ± 50	Trimestral
Personal	Regular el grado de calidad en la realización de los trabajos de mantenimiento para que estos cada vez sean realizados de mejor forma. Además de mantener en capacitaciones continuas y con nuevos conocimientos al personal para que realice de mejor forma su trabajo.	Proporción de calidad	Describe la cantidad de trabajos realizados incorrectamente o incompletos por el departamento	$\frac{\text{Ordenes con quejas}}{\text{Total de ordenes}}$	%	Retroalimentación de producción	30%	Trimestral
		Capacitaciones	Describe la cantidad de horas dedicadas a la capacitación en un tiempo determinado	Horas dedicadas a capacitación del personal	h	Hoja de información del departamento de Mto	20	Anual

Fuente: (Parra & Crespo, 2015)

## CAPÍTULO 9. Análisis financiero

Como el alcance de este proyecto se limita a las líneas BN MOTORS, Curtis Wright y Aircraft, se hará una comparación entre las nuevas estrategias versus los paros que se ocasionan en las líneas productivas y sus costos en producción sin la gestión.

Tabla 24. Análisis financiero antes del Modelo.

<b>Análisis Económico</b>		 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services -COSTA RICA-</small>		
Líneas Productivas	BN Motor	Aircraft	Curtiss Wright	
<b>Ventas</b>				
Ventas (\$)	223.370,65	263.151,76	191.789,59	
Costos de Ventas (\$)	234,64	157,185.56	96.963,01	
Ventas Netas (\$)	223.136,01	105.966,20	94.826,58	
<b>Mano de obra</b>				
Mano de obra producción (\$)	84.860,31	12.957,65	34.816,00	
Mano de obra mantenimiento (\$)	5.603,50	5.603,50	5.603,50	
<b>Pérdidas</b>				
Paros mensuales (h)	48,00	20,00	30,00	
Costo de Horas Extra (\$)	5,12	5,12	5,12	
Extras por paro (\$)	17.203,20	4.096,00	7.680,00	
SCRAP (\$)	4.172,64	2.914,07	1.773,26	
Pérdidas totales (\$)	21.375,84	7.010,07	9.453,26	
<b>Ganancia Neta (\$)</b>	<b>111.296,36</b>	<b>80.394,98</b>	<b>44.953,82</b>	

Fuente: Propia(Excel, 2019).

La empresa tiene largos paros de producción, sin embargo, la línea cuenta con metas fijas de piezas a producir para cubrir la demanda, dado esto al ocurrir un paro y atrasarse la producción se soluciona con el pago de horas extra para lograr alcanzar la meta necesaria.

Es importante destacar que dichos paros se deben a la falta de repuestos críticos de las máquinas, o debido a que no se les realiza el respectivo mantenimiento hasta que está falla, por lo que el modelo propuesto ataca directamente estas debilidades en el departamento de mantenimiento.

Otra gran situación es el desperdicio (SCRAP) que se genera, hay ocasiones donde surgen desperdicios de hasta el 10% de la producción en una línea, generando pérdidas altísimas; se presentan estas pérdidas en los siguientes gráficos.



Figura 19. Gráfico de SCRAP para BN Motors.

Fuente: Tico Electronics (2019).

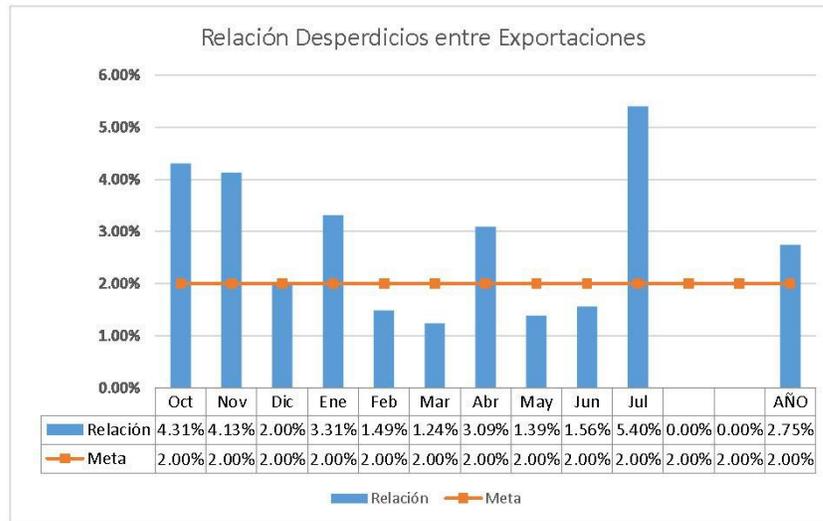


Figura 20. Gráfico de SCRAP para Curtiss Wright.

Fuente: Tico Electronics (2019)



Figura 21. Gráfico de SCRAP para Aircraft.

Fuente: Tico Electronics (2019).

El scrap que se genera en las líneas productivas se debe más que todo a las máquinas del proceso, ya que, al no tener un plan de mantenimiento, estas se deterioran más rápido, por lo que la pieza que se manufactura pierde las especificaciones necesarias para pasar calidad.

Ahora se muestra el Análisis financiero con la implementación del modelo de gestión de mantenimiento, notando una disminución del 60% en las horas de paro y cumpliendo las metas establecidas de SCRAP para cada línea.

**Tabla 25. Análisis financiero después del modelo.**

<b>Análisis Económico</b>		 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>		
Líneas Productivas	BN Motor	Aircraft	Curtiss Wright	
<b>Ventas</b>				
Ventas (\$)	223.370,65	263.151,76	191.789,59	
Costos de Ventas (\$)	234,64	157.185,56	96.963,01	
Ventas Netas (\$)	223.136,01	105.966,20	94.826,58	
<b>Mano de obra</b>				
Mano de obra producción (\$)	84.860,31	12.957,65	34.816,00	
Mano de obra mantenimiento (\$)	5.603,50	5.603,50	5.603,50	
<b>Pérdidas</b>				
Paros mensuales (h)	19,20	8,00	12,00	
Costo de Horas Extra (\$)	5,12	5,12	5,12	
Extras por paro (\$)	6.881,28	1.638,40	3.072,00	
SCRAP (\$)	1.115,68	2.119,32	474,13	
Pérdidas totales (\$)	7.996,96	3.757,72	3.546,13	
<b>Ganancia Neta (\$)</b>	<b>124.675,24</b>	<b>85.236,82</b>	<b>50.860,95</b>	

Fuente: Propia(Excel, 2019)

Es importante mencionar que estos datos son del personal actual de la empresa, el cual es suficiente para las tareas que se propusieron en el modelo de gestión del mantenimiento, lo que se busca es que haya un mejor aprovechamiento del tiempo con el personal disponible, atacando las debilidades de las máquinas directamente, esto evita a la empresa a recurrir a gastos por nuevo personal.

A continuación, se realiza un resumen comparativo de las dos situaciones estudiadas, el antes del modelo y el después.

**Tabla 26.Comparativa de pérdidas.**

<b>Comparativa</b>		 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services -COSTA RICA-</small>	
<b>Característica</b>	<b>Sin Modelo</b>	<b>Con Modelo</b>	<b>Ahorro (\$)</b>
<b>BN Motor</b>	21.375,84	7.996,96	13.378,88
<b>Aircraft</b>	7.010,07	3.757,72	3.252,35
<b>Curtiss Wright</b>	9.453,26	3.546,13	5.907,12
<b>Totales</b>	37.839,17	15.300,82	22.538,35
<b>Ahorro de perdidas mensuales</b>			<b>€13.590.384</b>
<b>Ahorro de perdidas Anuales</b>			<b>€163.084.611</b>

Fuente: Propia(Excel, 2019).

La implementación del modelo genera información de la cual se pueden tomar decisiones, esto para disminuir los paros y el scrap. Debido a que no se cuenta con los historiales de falla de las máquinas, únicamente se analizó la disminución del scrap debido a la implementación del modelo, se tomaron de base las máquinas más críticas de las líneas productivas mencionadas anteriormente, y se compararon las pérdidas por scrap mensuales reales y las pérdidas por scrap mensuales llegando a la meta de la empresa y del modelo de gestión.

Se evidenció que, al seguir el modelo propuesto, la empresa podría llegar a ahorrar €13 590 384 mensuales, lo que significa un ahorro de €163 084 611 anuales, esto disminuyendo considerablemente el scrap.

Se espera que, en el futuro, cuando ya se disponga de los historiales de repuestos de las máquinas, se tendrá todos los repuestos necesarios para disminuir los tiempos de paro, por lo que el ahorro sería mayor.

**Tabla 27. Cálculo del TIR y el VAN**

Años	0	1	2	3	4
Ingresos (crecimiento anual del 15%)		\$270,460.00	\$311,029.00	\$357,683.35	\$411,335.85
Costos Fijos		-\$30,000.00	-\$30,000.00	-\$30,000.00	-\$30,000.00
Costos por Scrap		-\$25,435.00	-\$22,891.50	-\$20,602.35	-\$18,542.12
Costos Extras por paro		-\$139,100.00	-\$111,280.00	-\$89,024.00	-\$71,219.20
Utilidad Bruta		\$75,925.00	\$146,857.50	\$218,057.00	\$291,574.54
Utilidad antes de impuestos		\$75,925.00	\$146,857.50	\$218,057.00	\$291,574.54
Impuestos sobre la renta		\$22,777.50	\$44,057.25	\$65,417.10	\$87,472.36
Utilidad despues de impuestos		\$53,147.50	\$102,800.25	\$152,639.90	\$204,102.18
Modelo de Gestión	-\$20,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	
Capacitaciones	-\$70,000.00				
Herramientas y repuestos	-\$200,000.00				
Recuperación del capital de trabajo					\$290,000.00
Flujo de efectivo del proyecto	-\$290,000.00	\$53,147.50	\$102,800.25	\$152,639.90	\$494,102.18
Acumulado	-\$290,000.00	-\$236,852.50	-\$134,052.25	\$18,587.65	\$512,689.83
<b>VAN</b>	98,846				
<b>TIR</b>	37.50%				

Fuente: Propia(Excel, 2019).

Con la aplicación del modelo, se calculó que al año habrá un ahorro de 270 460 dólares, los cuales tendrán un crecimiento anual del 15% debido al crecimiento de la empresa, además se tomó un 30% de impuestos para los cálculos de la Tabla 27 y se tomaron en cuentas los costos por paros y por scrap, los cuales van a disminuir con el transcurso del proyecto debido a que son debilidades que se van a solventar con el modelo.

Como se observa en la Tabla 27 , el proyecto es bastante rentable, ya que los valores del VAN y el TIR resultaron positivos, además de que el ahorro a causa del modelo tiene un crecimiento anual del 15%, y debido al modelo de gestión del mantenimiento los costos por scrap y extras por paros van a disminuir considerablemente por año, todos estos son factores que influyen en los resultados obtenidos, y van a acortar el tiempo de retorno de la inversión.

## CAPÍTULO 10. **Conclusiones**

La auditoría MES refleja los puntos débiles de la empresa, en este caso lo fueron: gestión de la información, soporte de mantenimiento y tecnologías y mantenimientos preventivos, lo que procede a plantear planes de mantenimiento preventivo y así llevar la recopilación de los datos para iniciar un registro de historiales de máquinas y equipos.

El sistema de indicadores permite la evaluación y control del mantenimiento por medio de la toma de datos reales y de esta forma evaluar la eficiencia y el costo del departamento.

La aplicación del RCM aumentó la disponibilidad de los equipos críticos de Tico Electronics entre un 5% y 10%.

Los indicadores del BSC permiten una mejor evaluación del mantenimiento, así como el control de este al tener los datos reales y registrados para así evaluar constantemente la eficiencia y costo generados en el departamento de mantenimiento.

El análisis financiero de las pérdidas de la empresa refleja que con un modelo de mantenimiento puede ahorrar aproximadamente hasta 163 millones de colones por año debido a la reducción de pérdidas por SCRAP.

## **CAPÍTULO 11. Recomendaciones**

El RCM se generó a partir de información recolectada de técnicos sobre las fallas ocurridas y que podrían ocurrir, se empezó a llevar un registro, sin embargo, es necesario que se le dé continuidad a esta tarea, para mantener un historial de las máquinas en caso de futuras averías.

El RCM se realizó a los equipos determinados críticos de cada línea, pero el mismo puede ser aplicado a otras máquinas, se recomienda capacitar a alguien o tener un encargado de los RCM para las demás maquinarias.

En este trabajo se delegó al encargado de mantenimiento generar las órdenes de trabajo preventivas, es necesario velar por el cumplimiento de esta tarea de manera diaria, así como mantener el registro al completar las ordenes, contemplando las observaciones.

Para el área de mantenimiento, es necesario tener un proceso de capacitación y familiarización con los equipos tanto de ingenieros, como técnicos; esto porque al ingresar a la familia de Tico Electronics es más rápido y menos erróneo si se dan las capacitaciones necesarias para tener mayor competencia en las tareas y tomas de decisiones.

## Referencia bibliográfica

- Díaz, G. D. (2009). Proyecto administrativo: Diseño de un mantenimiento preventivo, basado en RCM, para el generador y los equipos auxiliares de la Central.
- Hidroeléctrica el “Encanto”. Cartago. 9. Duffuaa, S. (2000). Sistemas de mantenimiento, Planeación y control. México: Editorial LIMUSA, S.A.
- Garrido, G. (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Durán, M. (2017). Elaboración de modelo de Gestión de mantenimiento para los equipos y edificios del Villas Sol Hotel & Villas Beach Resort (Proyecto de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Meneses, F. (2016). Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para la empresa Explotec S.A (Proyecto de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Solís, M. (2011).Diseño de un Programa para el Mantenimiento Preventivo de la Infraestructura en Plantas Procesadoras de Piña, PINDECO S.A.(Proyecto de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Piedra Santamaría, C. (s.f.). Estructuras del departamento de mantenimiento. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Moubray, J. (1997). Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Segunda Edición ed.). España: Ellmann, Sueiro y Asociados.
- Duffuaa, S. (2000). Sistemas de mantenimiento, Planeación y control. México: Editorial LIMUSA, S.A.
- Colegio Provincial de Educación Tecnológica. (s f.). Organización de Mantenimiento. Tierra del Fuego, Argentina.

## CAPÍTULO 12. **Anexos**

## Anexo 1. RCM Máquina de crimp.

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services</small>		<b>Programa Mantenimiento Preventivo</b>			Página 1 de 1
<b>SISTEMA</b>	<b>Terminal de cable.</b>	Realizado por: <b>Mario A. Delgado Vargas</b>		Fecha: <b>11/5/2019</b> Versión <b>1.1</b>	
<b>Subsistema</b>	<b>Máquina de crimp</b>				
<b>FUNCION</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>	
1 Instalar la terminal de crimp al cable conductor.	1 Ningun movimiento de la cabeza de crimp	1 Motor averiado	La cabeza de crimp no responde.	No se aplica el crimping	
		2 Sensor no detecta cable	Lá máquina no detectael cable y por esto no inicia el movimiento de lacabeza		
		3 Presión de trabajo nula	La máquina no responde debido a que no tiene presión de trabajo		
	2 Movimiento muy fuerte de la cabeza de crimp	1 Presión de trabajo muy alta	Se presiona escsesivamente el crimp sobre el cable.	El cable se corta o el crimp sale dañado de la máquina.	
		2 Ajustes erroneos en la máquina de crimp	Las medidas del crimp inducen al error del producto final.		
		3 Mala sujeción de la cabeza de crimp a la máquina	Genera daños en as piezas de la cabeza de crimp.		
	3 Movimiento muy suave de la cabeza de crimp	1 Presión de trabajo baja	No se realiza la fijacion del crimp en el cable.	El cable se dobla o el crimp no se instala en el cable, ocasionando que se acumule en la máquina.	
		2 Ajustes erroneos en la máquina de crimp	Las medidas del crimp inducen al error del producto final.		
		3 Mala sujeción de la cabeza de crimp a la máquina	Genera daños en las piezas de la cabeza de crimp.		

## Anexo 2. RCM Máquina de strip.

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services</small>		<b>Programa Mantenimiento Preventivo</b>			Página 1 de 1		
<b>SISTEMA</b>	<b>Terminal de cable.</b>			Realizado por:	Mario A. Delgado Vargas		
<b>Subsistema</b>	<b>Máquina de strip</b>			Fecha:	11/5/2019      Versión 1.1		
<b>FUNCION</b>		<b>FALLA FUNCIONAL</b>		<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>	
1	Cortar y retirar la cubierta de plástico del cable conductor.	1	Ningun movimiento de las cuchillas	1	Motor averiado	Las cuchillas no responde.	No se realiza el strip del cable
				2	Sensor no detecta cable	Lá máquina no detectael cable y por esto no inicia el movimiento de las cuchillas.	
				3	Presión de trabajo nula	La máquina no responde debido a que no tiene presión de trabajo	
		2	Movimiento fuerte de las cuchillas	1	Presión de trabajo muy alta	Se presiona escesivamente el cable	Las cuchillas cortan todo, el cable conductor y la cubierta.
				2	Ajustes erroneos en la máquina de crimp	Las medidas del strip inducen al error del producto final.	
				3	Mala sujeción de las cuchillas a la máquina	Genera daños en las cuchillas de la máquina.	
		3	Movimiento leve de las cuchillas	1	Presión de trabajo baja	No se realiza el corte de la cubierta	El cable se dobla y se puede atascar en las cuchillas.
				2	Ajustes erroneos en la máquina de strip	Las medidas del strip inducen al error del producto final.	
				3	Mala sujeción de las cuchillas a la máquina	Genera daños en las cuchillas de la máquina.	

### Anexo 3. RCM Máquina de Wind.

		Programa Mantenimiento Preventivo			Página 1 de 1
<b>SISTEMA</b>		<b>Estator</b>			Realizado por: Mario A. Delgado Vargas
<b>Subsistema</b>		<b>Máquina de Wind</b>			Fecha: 11/5/2019      Versión 1.1
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS	CONSECUENCIAS
1	Instalar la terminal de crimp al cable conductor.	1 Ningun movimiento de la aguja	1 Motor averiado	La aguja de wind no responde.	No se embobina el estator.
			2 Botonera de acción averiada.	La máquina no detecta la corriente de arranque.	
			3 Tornillos de transmisión quebrados.	La máquina no responde debido a que no hay traslado de movimiento.	
	2 Movimiento muy fuerte de la aguja	1 Corriente de arranque muy alta.	La aguja puede chocar contra la base mientras esta está girando.	La aguja sede y se quiebra.	
		2 Ajustes erroneos en la máquina de wind	Las medidas del embobinado inducen al error del producto final.		
		3 Mala sujeción de los brazos de la máquina de wind.	Genera daños en los brazos móviles de la máquina.		
	3 Movimiento muy suave de la aguja	1 Corriente de arranque baja	La aguja puede chocar contra la base mientras esta está girando.	Daña el sistema interno o la aguja de la máquina.	
		2 Ajustes erroneos en la máquina de wind	Las medidas del embobinado inducen al error del producto final.		
		3 Mala sujeción de los brazos de la máquina de wind.	Genera daños en los brazos móviles de la máquina.		

## Anexo 4. RCM Máquina Wind 035.

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services</small>		<b>Programa Mantenimiento Preventivo</b>			Página 1 de 1
<b>SISTEMA</b>	<b>Rotor</b>				Realizado por: <b>Mario A. Delgado Vargas</b>
<b>Subsistema</b>	<b>Wind 035</b>				Fecha: <b>11/5/2019</b> Versión <b>1.1</b>
<b>FUNCION</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>	
1 Prepara las bobinas antes de que éstas se inserten en el rotor respectivo.	1 Ningun movimiento del eje de rotación de wind	1 Motor averiado	Los ejes de rotación del estator no responden.	No se realiza el embobinado del estator.	
		2 Botoneras dañadas.	No se acciona el proceso.		
		3 Cables de fuente de corriente dañados.	No llega la corriente necesaria a la máquina.		
	2 Movimiento erroneo del eje de rotación de wind	1 Configuración erronea de la máquina.	La pieza resultante no sale con las especificaciones necesarias.	Se deteriora la máquina, y se le acorta la vida útil.	
		2 Material atascado en el eje de rotación.	Se dañan los ejes de rotación.		
		3 Bandas de transmisión de moviemiendo dobladas, o mal instaladas.	Vibración de la máquina		
	3 Movimiento erroneo del eje horizontal donde están montadas las bobinas	1 Configuración erronea de la máquina.	La pieza resultante no sale con las especificaciones necesarias.	Se deteriora la máquina, y se le acorta la vida útil.	
		2 Material atascado en el eje de translación horizontal.	Se dañan los ejes de translación horizontal de la máquina.		
		3 Motor averiado	Los ejes de translación horizontal del estator no responden.		

## Anexo 5. RCM Máquina Wind 022.

		<b>Programa Mantenimiento Preventivo</b>			Página 1 de 1		
<b>SISTEMA</b>		<b>Estator</b>					
<b>Subsistema</b>		<b>Wind 022</b>					
		Realizado por: <b>Mario A. Delgado Vargas</b>					
		Fecha: <b>11/5/2019</b>			Versión <b>1.1</b>		
<b>FUNCION</b>		<b>FALLA FUNCIONAL</b>		<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>	
1	Embobinar el cable de wind al estator, mientras este está girando.	1	Ningun movimiento del eje de rotación de wind	1	Motor averiado	Los ejes de rotación del estator no responden.	No se realiza el embobinado del estator.
				2	Botoneras dañadas.	No se acciona el proceso.	
				3	Cables de fuente de corrient dañados.	No llega la corriente necesaria a la máquina.	
		2	Movimiento erroneo del eje de rotación de wind	1	Configuración erronea de la máquina.	La pieza resultante no sale con las especificaciones necesarias.	Se deteriora la máquina, y se le acorta la vida útil.
				2	Material atascado en el eje de rotación.	Se dañan los ejes de rotación.	
				3	Motor averiado	Los ejes de rotación del estator no responden.	
		3	Movimiento erroneo del eje horizontal donde está montado el estator	1	Configuración erronea de la máquina.	La pieza resultante no sale con las especificaciones necesarias.	Se deteriora la máquina, y se le acorta la vida útil.
				2	Material atascado en el eje de translación horizontal.	Se dañan los ejes de translación horizontal de la máquina.	
				3	Motor averiado	Los ejes de translación horizontal del estator no responden.	

## Anexo 6. RCM Ionógrafo.

SISTEMA		Tarjetas de Información		Programa Mantenimiento Preventivo			Página 1 de 1		
Subsistema		Ionógrafo					Realizado por: Mario A. Delgado Vargas		
							Fecha: 11/5/2019 Versión 1.1		
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS		CONSECUENCIAS	
1	ionizar la pieza para evitar descargas eléctricas no deseadas.	1	No hay descarga de iones.	1	La mezcla no es correcta.	no hay descarga de iones	Lecturas fuera de los estándares.		
				2	No hay corriente.	La máquina no enciende			
				3	Mezcla contaminada	no hay descarga de iones			
		2	No hay bombeo de la mezcla.	1	Bomba averiada	No hay flujo de la mezcla	La bomba se daña.		
				2	Mezcla insuficiente	Bomba en vacío			
				3	Mezcla contaminada	Bomba atascada			
		3	La máquina muestra lecturas erróneas.	1	Mala conexión interna	Lecturas poco confiables	Se deberá cambiar la mezcla, y la pieza se pierde.		
				2	Pieza contaminada	Contaminación de la mezcla			
				3	Mezcla contaminada	Contaminación de la pieza.			

## Anexo 7. RCM Máquina Tester de anillos.

		<b>Programa Mantenimiento Preventivo</b>			Página 1 de 1
<b>SISTEMA</b>		<b>Prueba de corriente.</b>			Realizado por: Mario A. Delgado Vargas
<b>Subsistema</b>		<b>Tester Anillos</b>			Fecha: 11/5/2019      Versión 1.1
<b>FUNCION</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>	
1 Realiza una serie de pruebas eléctricas a la pieza, para revisar que esta cumpla con los requisitos.	1 No muestra lecturas de corriente de la pieza	1 Máquina desconectada	La máquina no responde	No se realizan las pruebas eléctricas.	
		2 No hay pieza en la base de la máquina	La máquina no detecta pieza de prueba		
		3 El programa está actualizandose y mientras sucede esto la máquina no se puede usar.	Programa atascado.		
	2 Base de la pieza contaminada.	1 Exceso de químico en la base	Contaminación de la máquina.	Disminución de la vida útil de la máquina.	
		2 Mala manipulación de la pieza.	Daño a las bases de la máquina		
		3 Falta de mantenimiento luego de realizar las pruebas.	Aunmenta el riesgo a una mala lectura.		
	3 Desconfiguración del programa	1 Poco uso de la maquina.	Se ignora el mantenimiento preventivo de esta.	Resultados poco confiables.	
		2 Apagones repentinos de la fábrica	Hay posibilidad de que se dañe el software.		
		3 Mala manipulación del programa de la máquina	Genera lecturas erroneas		

## Anexo 8. Manual de mantenimiento preventivo máquina de crimping.

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 1 de 5
	<b>Mantenimiento preventivo diario Máquina de Crimping</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-BNM -01</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



# Tico Electronics Machine maintenance manual

Máquinas de Crimping

**00MQ125CG**

**00MQ152CI**

**00PR016MQ**

**00MQ057CI**

**PR00201**

**PR00165**

**BN MOTORS**

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 2 de 5
	<b>Mantenimiento preventivo diario Máquina de Crimping</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-BNM -01</b>	Fecha: <b>04-Sep-17</b>

Elaborado por: Mario Delgado Vargas	Aprobado por: Maria Salazar Arce
-------------------------------------	----------------------------------

**A. Control de Revisión de Dibujo de Ingeniería y MU-WI Moog**

CELDA A LA QUE PERTENECE	# DE MANUAL	Encargados
N/A	N/A	<b>Tico Electronics:</b> Kenneth Castro Program Manager BN line <b>Moog Murphy:</b> Tim Hogsed Manufacturing Engineer

**B. Control de Cambios en el Documento Tico Electronics**

Fecha de Cambio	Descripción del cambio	Aprobado por
28/07/2017	Creación del manual de mantenimiento.	Kenneth Castro Tim Hogsed

 <b>Tico Electronics</b> <small>Control Manufacturing Services</small> <small>- COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 3 de 5
	<b>Mantenimiento preventivo diario Máquina de Crimping</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-BNM -01</b>	Fecha: <b>04-Sep-17</b>
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## **Mantenimiento Diario**

### **Máquina: De Crimping.**

**El mantenimiento diario descrito a continuación además de realizarse todos los días, también se tiene que hacer siempre que se le realice algún ajuste a la máquina y se debe especificar el motivo del mantenimiento en su respectivo registro (“A”: por ajuste o “MD”: por mantenimiento diario).**

**NOTA:** Se debe registrar el cumplimiento de los procedimientos de este manual en el registro **R-BNM-165**

#### **1. Limpieza General**

Utilizando aire a presión, soplar sobre toda la máquina y sus alrededores para remover el polvo y el material residual producto del crimping, de ser necesario utilizar unas pinzas para remover el material atascado.

(Aplicar el mismo procedimiento a todas las máquinas de crimping)

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 4 de 5
	<b>Mantenimiento preventivo diario Máquina de Crimping</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -01</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



## 2. Inspección visual Cuchillas

Utilizando un cepillo suave, cepillar las cuchillas de las cabezas de crimping para eliminar cualquier material residual que se haya quedado adherido. Revisar que las cuchillas no tengan ninguna fractura o imperfección, en caso de presentar algún daño se deberán sustituir inmediatamente.

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 5 de 5
	<b>Mantenimiento preventivo diario Máquina de Crimping</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -01</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



	<b>Manual de BN Motors</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	<b>Mantenimiento preventivo máquina de strip</b>	<b>Versión: 00</b>
	<b>M-BNM -04</b>	<b>Fecha:04-Sep-17</b>
<b>Elaborado por: Mario Delgado Vargas</b>		<b>Aprobado por: Maria Salazar Arce</b>



# **Tico Electronics Machine maintenance manual**

**Máquinas de Strip  
00MQ125CG  
00MQ152CI**

**BN MOTORS**

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 2 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo máquina de strip</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -04</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

**A. Control de Revisión de Dibujo de Ingeniería y MU-WI Moog**

<b>CELDA A LA QUE PERTENECE</b>	<b># DE MANUAL</b>	<b>Encargados</b>
N/A	N/A	<b>Tico Electronics:</b> Kenneth Castro Program Manager BN line <b>Moog Murphy:</b> Tim Hogsed Manufacturing Engineer

**B. Control de Cambios en el Documento Tico Electronics**

<b>Fecha de Cambio</b>	<b>Descripción del cambio</b>	<b>Aprobado por</b>
28/07/2017	Creación del manual de mantenimiento.	Kenneth Castro Tim Hogsed

	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 3 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo máquina de strip</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -04</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## Mantenimiento Diario

**Máquina: De Strip.**

**ES IMPORTANTE ASEGURARSE QUE A LA HORA DE REALIZAR ESTE MANTENIMIENTO LA MÁQUINA SE ENCUENTRE APAGADA.**

**NOTA:** Se debe registrar el cumplimiento de los procedimientos de este manual en el registro **R-BNM-167.**

### 1. Limpieza General

Remover la tapa inferior para desechar los residuos de cable, y la tapa superior para pasar la sopladora/aspiradora y remover cualquier tipo de residuo que contenga en su interior, de ser necesario utilizar unas pinzas para remover el material atascado.



	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 4 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo máquina de strip</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -04</b>	Fecha:04-Sep-17
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## 2. Inspección y limpieza Cuchillas

Remover la tapa superior para dejar descubierta la zona donde se realiza el strip, utilizando un cepillo, limpiar las cuchillas y las piezas que sujetan el cable al realizar el strip, de ser necesario utilizar unas pinzas para remover el material atascado.



	<b>Manual de BN Motors</b>	<b>Página 1 de 7</b>
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	<b>Versión: 00</b>
	<b>M-BNM -14</b>	<b>Fecha:29-Ene-18</b>
<b>Elaborado por: Mario Delgado Vargas</b>		<b>Aprobado por: Maria Salazar Arce</b>



# **Tico Electronics Machine maintenance manual**

**Mantenimiento preventivo trimestral  
Máquinas de Wind**

**BN MOTORS**

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 2 de 7
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-BNM -14</b>	Fecha: <b>29-Ene-18</b>
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

**A. Control de Revisión de Dibujo de Ingeniería y MU-WI Moog**

<b>CELDA A LA QUE PERTENECE</b>	<b># DE MANUAL</b>	<b>Encargados</b>
N/A	N/A	<b>Tico Electronics:</b> Kenneth Castro Program Manager BN line <b>Moog Murphy:</b> Tim Hogsed Manufacturing Engineer

**B. Control de Cambios en el Documento Tico Electronics**

<b>Fecha de Cambio</b>	<b>Descripción del cambio</b>	<b>Aprobado por</b>
01/25/2018	Creación del manual de mantenimiento.	Kenneth Castro Tim Hogsed

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 3 de 7
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-BNM -14</b>	Fecha: <b>29-Ene-18</b>
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

### **Mantenimiento trimestral**

#### **Máquina: De Wind.**

**NOTA:** Se debe registrar el cumplimiento de los procedimientos de este manual en el registro **R-BNM-177**.

#### **1. Limpieza general.**

Primero se quita la tapa de arriba de la máquina, para poder limpiar todos los componentes internos con un trapo con alcohol, luego se sopla con la pistola de aire para terminar de quitar cualquier residuo que haya quedado dentro de la máquina.



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services</small> <small>- COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 4 de 7
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -14</b>	Fecha:29-Ene-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

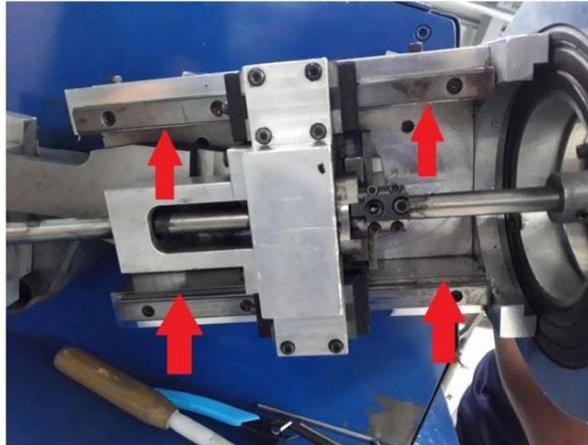


## 2. Lubricación.

Se lubrican las partes móviles de la máquina, principalmente el brazo que realiza el movimiento para el embobinado el cual se muestra a continuación:



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services</small> <small>- COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 5 de 7
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -14</b>	Fecha:29-Ene-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



**3. Contactores.**

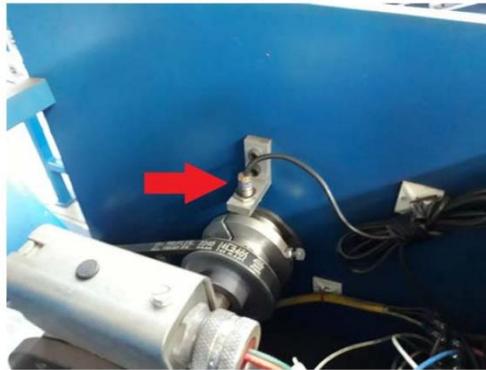
Se revisan los contactores, que no tengan terminales quemadas ni alguna otra irregularidad en el cableado:



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 6 de 7
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -14</b>	Fecha:29-Ene-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

#### 4. Sensor inductivo

Se limpia con un paño con alcohol el sensor inductivo y se revisa que esté en buenas condiciones.



#### 5. Tensores

Se revisa la banda a tensión de la máquina, que no se encuentre floja y que no presente ningún tipo de daño si no se deberá cambiar inmediatamente.

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA</small>	<b>Manual de BN Motors</b>	Página 7 de 7
	<b>Mantenimiento Preventivo trimestral Máquinas de Wind</b>	Versión: 00
	<b>M-BNM -14</b>	Fecha:29-Ene-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



#### 6. Pintura/superficie

En caso de ser necesario, se realiza la solicitud para pintar la superficie externa de la máquina color azul, y no afectar la producción.

	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 022</b>	<b>Versión: 00</b>
	<b>M-CWC -02</b>	<b>Fecha:05-Jun-18</b>
<b>Elaborado por: Mario Delgado Vargas</b>		<b>Aprobado por: Maria Salazar Arce</b>



# **Tico Electronics Machine maintenance manual**

**Mantenimiento preventivo mensual  
Máquinas 022  
13PR006W**

**Curtiss Wright**

Tico Electronics Copia NO CONTROLADA / Impreso por: 1MS001118 / Fecha impresión: 24/05/2019

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 2 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 022</b>	Versión: 00
	<b>M-CWC -02</b>	Fecha:05-Jun-18

Elaborado por: Mario Delgado Vargas	Aprobado por: Maria Salazar Arce
-------------------------------------	----------------------------------

### A. Control de Cambios en el Documento

Fecha de Cambio	Descripción del cambio	Aprobado por
01/31/2018	Initial Release	QA

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 3 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 022</b>	Versión: 00
	<b>M-CWC -02</b>	Fecha:05-Jun-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

**Mantenimiento mensual**

**Máquina: De wind 022**

**1. Limpieza general.**

Se pasa la pistola de aire por toda la máquina, esto para quitarle la suciedad superficial, luego se pasa un trapo con alcohol para terminar de limpiarla.



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 4 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 022</b>	Versión: 00
	<b>M-CWC -02</b>	Fecha:05-Jun-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas	Aprobado por: Maria Salazar Arce	

## 2. Limpieza del motor.

Se revisa el motor, que no presente terminaciones dañadas y se limpia debidamente el ventilador el cual se encuentra debajo de la carcasa.



## 3. Limpieza general / Fuentes externas

Se limpian superficialmente las fuentes con la pistola de aire para quitarle todo el polvo, y luego se les pasa un trapo con alcohol por encima.



	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 1 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



# **Tico Electronics Machine maintenance manual**

Mantenimiento preventivo semanal  
Máquinas 035  
**PR00184**

**Curtiss Wright**

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services COSTA RICA</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 2 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18

Elaborado por: Mario Delgado Vargas	Aprobado por: Maria Salazar Arce
-------------------------------------	----------------------------------

### A. Control de Cambios en el Documento

<b>Fecha de Cambio</b>	<b>Descripción del cambio</b>	<b>Aprobado por</b>
01/31/2018	Initial Release	<b>QA</b>
10/29/2018	Se cambió la frecuencia a semanal. Se agregó el punto 5.	<b>QA</b>

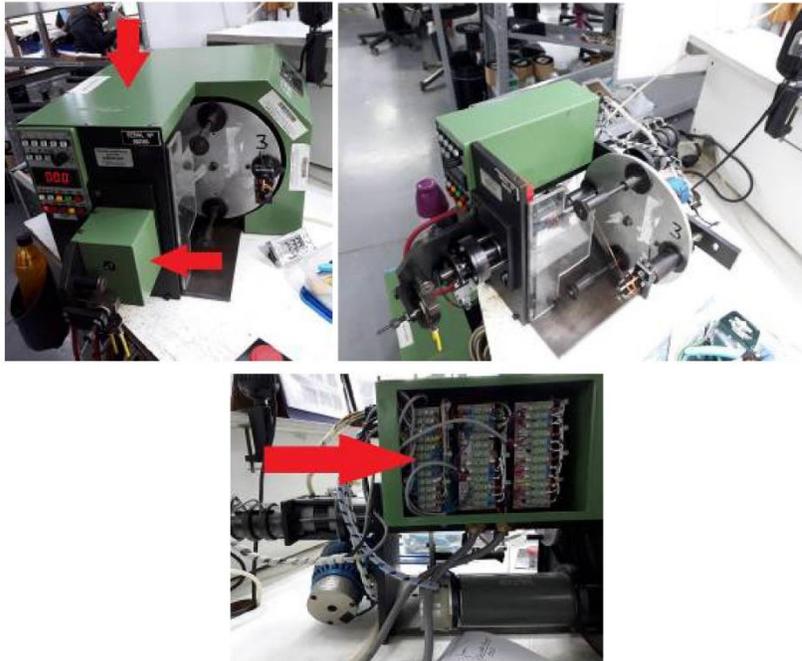
	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 3 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## Mantenimiento mensual

### Máquina: De wind 035

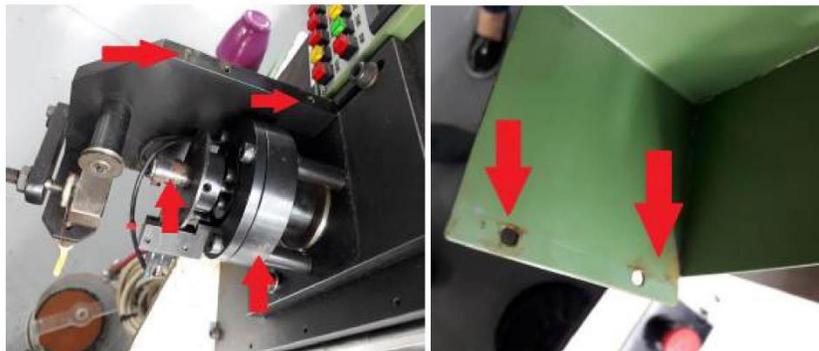
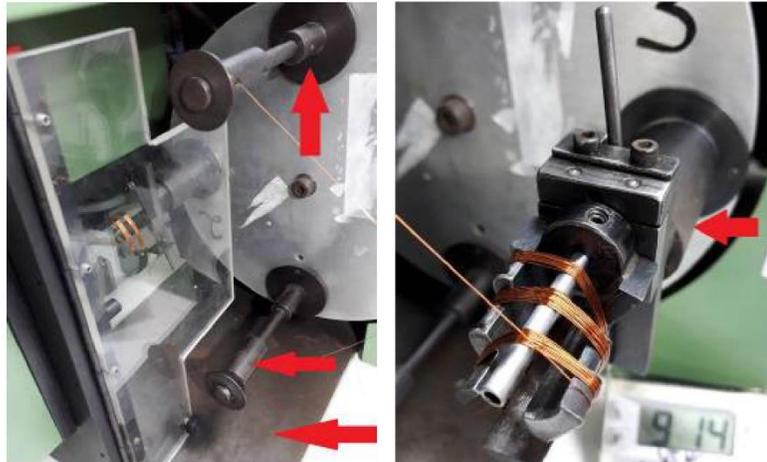
#### 1. Limpieza general.

Se quitan las tapas de la máquina para poder pasar la pistola de aire por todos sus componentes, especialmente el compartimiento del cableado donde se acumula más polvo:



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 4 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

Luego se pasa aceite WD-40 con un trapo para limpiar las zonas donde se concentra el óxido de la máquina:



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 5 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

La siguiente pieza se debe desarmar para poder limpiarla y lubricarla:



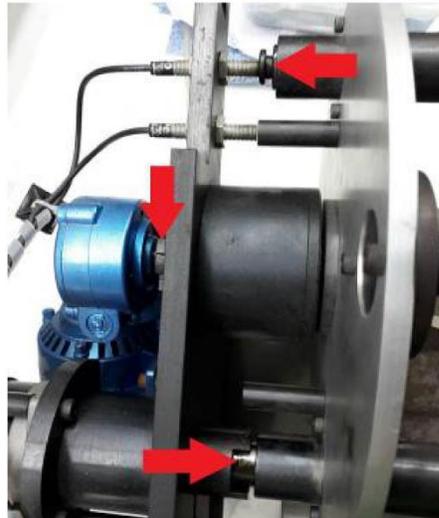
Se deben limpiar todos los componentes de la pieza para quitarles el óxido para luego lubricarla un poco en las zonas donde hacen contacto.



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 6 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## 2. Lubricación.

Se lubrican las partes móviles de la máquina, principalmente el brazo que realiza el movimiento para el embobinado el cual se muestra a continuación:



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 7 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

### 3. Sensores.

Se revisan los sensores de la máquina, que no haya cables dañados ni terminales quemadas.



### 4. Faja

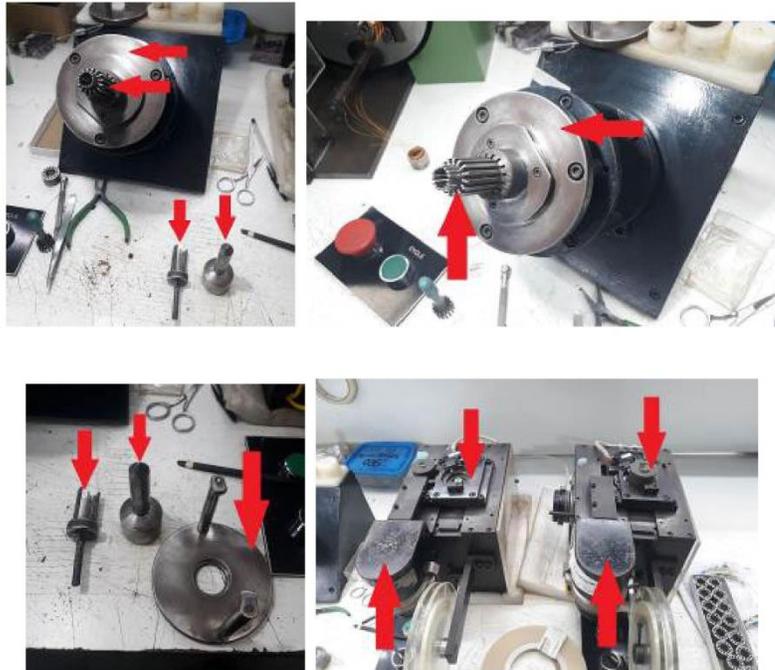
Se revisa la banda de transmisión de la máquina, que no se encuentre floja y que no presente ningún tipo de daño si no se deberá cambiar inmediatamente.



	<b>Manual de Curtiss Wright Controls</b>	Página 8 de 8
	<b>Mantenimiento preventivo mensual Máquina de Wind 035</b>	Versión: 01
	<b>M-CWC -04</b>	Fecha:05-Nov-18
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

### 5. Pulido de piezas oxidadas.

A las siguientes piezas se les tiene que quitar el óxido, por lo que dependiendo de su facilidad a la hora de manipularlas se deberán llevar a pulir o simplemente se les pasará un aceite para retrasar la aparición de óxido en la pieza.



	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	<b>Página 1 de 4</b>
	<b>Mantenimiento preventivo anual Ionógrafo</b>	<b>Versión: 00</b>
	<b>M-TMWI -02</b>	<b>Fecha:22-Ene-19</b>
<b>Elaborado por: Mario Delgado Vargas</b>		<b>Aprobado por: Maria Salazar Arce</b>



# **Tico Electronics Machine maintenance manual**

**Mantenimiento preventivo Anual  
Ionógrafo**

**15PR0001IN**

**Moog Aircraft**

	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	Página 2 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo anual Ionógrafo</b>	Versión: 00
	<b>M-TMWI -02</b>	Fecha:22-Ene-19
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## Mantenimiento Anual

### Máquina: Ionógrafo

**NOTA:** Desconecte la máquina de la fuente de alimentación antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento.

### Limpieza interna

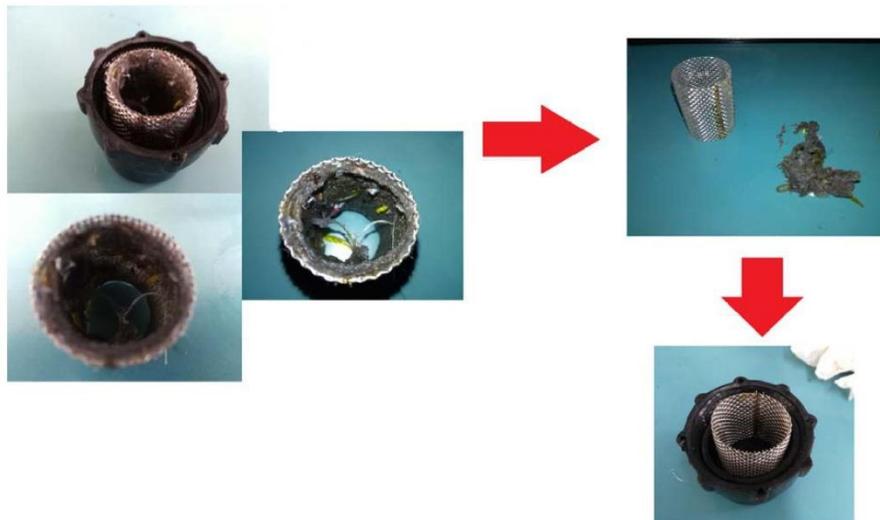
Remueva la carcasa desconectando la pantalla principal, para dejar descubierto el cableado de la máquina, usando la aspiradora elimine cualquier acumulación de polvo u otro residuo que puedan tener los cables o la base de la máquina.



 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services - COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	Página 3 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo anual Ionógrafo</b>	Versión: 00
	<b>M-TMWI -02</b>	Fecha:22-Ene-19
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

### Limpieza del filtro

Se remueve el filtro metálico y se limpia de tal forma que quede como se muestra a continuación (para poder quitar el filtro la máquina debe ser vaciada antes):



	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	Página 4 de 4
	<b>Mantenimiento preventivo anual Ionógrafo</b>	Versión: 00
	<b>M-TMWI -02</b>	Fecha:22-Ene-19
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

### Revisión de conexiones

Se revisan los cables de la máquina, que no tengan terminaciones quemadas y que el aislante no esté dañado, de lo contrario habrá que cambiar el cable.



	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	Página 1 de 3
	<b>Mantenimiento preventivo semestral tester Switch- Anillos</b>	Versión: <b>00</b>
	<b>M-TMWI -06</b>	Fecha: <b>22-Ene-19</b>
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce



# Tico Electronics Machine maintenance manual

Mantenimiento preventivo Semestral  
Tester Switch - Anillos

**15PR001PC  
(Base 15PR001MO)**

**Moog Aircraft**

 <b>Tico Electronics</b> <small>Contract Manufacturing Services</small> <small>- COSTA RICA -</small>	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	Página 2 de 3
	<b>Mantenimiento preventivo semestral tester Switch- Anillos</b>	Versión: 00
	<b>M-TMWI -06</b>	Fecha:22-Ene-19
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

## Mantenimiento Semestral

### Máquina: Tester Switch - Anillos

**NOTA:** Desconecte la máquina de la fuente de alimentación antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento.

#### Limpieza general

Se pasa la pistola de aire por toda la máquina para eliminar cualquier acumulación de polvo, luego con un trapo con alcohol se limpia la zona de trabajo y el teclado de la máquina.



	<b>Manual de Moog Aircraft</b>	Página 3 de 3
	<b>Mantenimiento preventivo semestral tester Switch- Anillos</b>	Versión: 00
	<b>M-TMWI -06</b>	Fecha:22-Ene-19
Elaborado por: Mario Delgado Vargas		Aprobado por: Maria Salazar Arce

**Limpieza de las bases.**

Tanto la base superior como inferior, donde se colocan los anillos debe estar limpia para realizar las pruebas con el tester, por lo que se revisa que no tengan ninguna acumulación de polvo o de algún químico, si es necesario desarmar la pieza para una limpieza profunda hay que asegurarse luego de que todo quede en su respectivo lugar y con los tornillos bien asegurados.





# *Maintenance Effectiveness Survey*

## Introduction

The purpose of a *Maintenance Effectiveness Survey* is to determine where the maintenance organization's strengths are to leverage improvements and identify areas of opportunity to correct. It provides a view of the structure, relationships, processes and people relative to good maintenance practices. It is the first step in a maintenance systems improvement process.

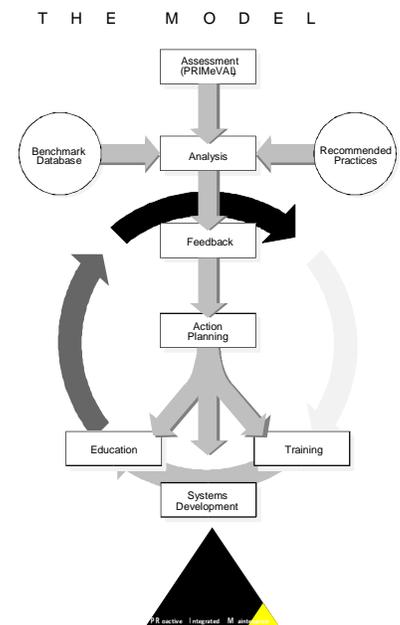
## How to Use This Tool

This survey addresses questions in five key maintenance areas; resource management, information management, preventative maintenance and equipment technology, planning and scheduling, and maintenance support. In order to maximize the power of this tool you should carefully consider the following items;

1. Make 36 copies of pages 1-6 and select 8 – 12 representatives from each of the following groups to complete the instrument; maintenance (salaried and hourly), production (salaried and hourly), and office.
2. Establish a procedure to distribute, complete, and collect the surveys. In order to collect accurate and unbiased data you will need to ensure the surveys are completed anonymously and those participating understand the procedures put in place to protect their identities. We recommend placing the surveys in plain brown envelopes marked "Maintenance Surveys", distributing the surveys to the participants and place collection boxes in their areas for their return. Agree upon a schedule for the surveys distribution, return, analysis and interpretation. The survey instrument takes about 20-30 minutes to complete.
3. Using page 7, summarize all survey totals. While this page gives an indication of overall results, the scores to closely examine are those which represents trends (either high or low) in specific areas.

## Path Forward

A *Maintenance Effectiveness Survey* is the first step on the



path to overall maintenance systems improvement. By establishing a picture of where your organization currently is, you will be able to move forward in an efficient and effective manner.

Be sure to share the results of the Maintenance Effectiveness Survey with those who took the time to contribute their thoughts and comments.

Plant \_\_\_\_\_ Check one: Maint. \_\_\_\_\_ Prod. \_\_\_\_\_ Other \_\_\_\_\_



### MAINTENANCE EFFECTIVENESS SURVEY

Please read each statement carefully and circle to what extent this applies to your organization. If you are unsure or do not feel the statement applies, leave the response blank.

To a very minor extent (below average)
To some extent (average)
To a good extent (above average)

### Resource Management

1. Do you feel maintenance is staffed to do its job?	
2. Does the overall structure of the maintenance organization seem to be logical and helpful in accomplishing the work?	
3. Does the organization help to remove barriers maintenance craftspeople encounter in their jobs that they have no control over, which prevents them from doing a good job?	
4. Does management encourage maintenance to meet the needs of production?	
5. Does management encourage production to help maintenance in doing its job?	

6. Are cross-functional (production and maintenance) teams used to identify and resolve issues that affect both departments?	
7. Does management encourage maintenance craftspeople and production operators to work together on issues?	
8. Have craftsmen received training to help them do their jobs?	
9. Are maintenance craftspeople in your plant properly skilled to do their jobs?	
10. Are maintenance craftspeople in your plant properly motivated to do the best possible job?	
11. Do maintenance craftspeople follow safety policies and procedures?	
12. Does management follow-up and review housekeeping with craftspeople?	
Comments:	

## Maintenance Effectiveness Survey

	To a very minor extent (below average)
	To some extent (average)
	To a good extent (above average)

### **Information Management**

13. Does your organization use a computerized system for maintenance activities (CMMS)?	
14. Is every piece of equipment tagged with an equipment or asset number?	
15. Does your organization update its computerized maintenance system?	
16. Have craftspeople been trained to use the CMMS?	
17. Does your organization maintain accurate history records on equipment?	
18. Are maintenance stores computerized?	
19. Are management decisions made from the CMMS reports?	
20. Does your organization track its total maintenance expenditures and costs?	
21. Does your organization track machine downtime as a measure of efficiency?	
22. Does your maintenance organization compare itself (benchmarking) against other maintenance organizations to see how well it is operating?	
23. Is the time craftsmen spend on jobs tracked and recorded?	
24. Does maintenance management use industry ratios as measures for comparison?	
<b>Comments:</b>	

### **Preventive Maintenance and Equipment Technology**

## Maintenance Effectiveness Survey

To a very minor extent (below average)

To some extent (average)

To a good extent (above average)

25. Does your organization use work orders for PM activities?	
26. Does maintenance periodically review PMs for accuracy, revision, increase/decrease, training needs, etc.?	
27. Does your organization use craftspeople dedicated solely to PM?	
28. Do operators help with minor PMs such as cleaning, lubricating, adjusting and inspecting?	
29. Does your organization use Predictive Maintenance (PdM), i.e., vibration, oil analysis, infrared or thermal technology, ultrasonics, or optical or laser alignment?	
30. Does your organization track PM and PdM costs?	
31. Does production allow maintenance to access the equipment for scheduled PMs?	
32. Does the organization try to prevent breakdowns and failures from recurring?	
33. Are production operators and maintenance craftspeople involved in equipment selection decisions?	
34. Are the people responsible for operating new equipment trained well?	
35. Are the people responsible for servicing and maintaining new equipment trained well?	
36. Does your organization track how much it costs (Life Cycle Cost) to maintain equipment?	
<b>Comments:</b>	

### Planning and Scheduling

## Maintenance Effectiveness Survey

To a very minor extent (below average)

To some extent (average)

To a good extent (above average)

37. Are priorities set for maintenance job tasks?	
38. Does your organization use work orders for maintenance work activities?	
39. Is the system of how maintenance work orders are requested, planned and estimated effective?	
40. Does your organization control overtime?	
41. Does your organization record information from a work order into equipment history?	
42. Are maintenance craftspeople assigned to job tasks based on their specialized knowledge and abilities?	
43. Are non-emergency jobs well-planned before work begins?	
44. Does your organization use maintenance planners to plan and prepare scheduled maintenance work such as major repairs and shutdowns?	
45. Does your organization use contractors to handle excessive workloads and specialized skill applications?	
46. If you have planners, do they prepare a job plan before a job is scheduled to begin?	
47. If you have planners, do they prepare jobs by kitting, pre-picking and staging parts for the craftspeople?	
48. Are shutdowns and major repairs planned in advance?	
<b>Comments:</b>	

### MaintenanceSupport

## Maintenance Effectiveness Survey

To a very minor extent (below average)

To some extent (average)

To a good extent (above average)

49. Are inventory parts available when needed?	
50. Is the storeroom closed and secured on all shifts?	
51. Are turn over ratios used for storeroom control?	
52. Are daily receipts and issue levels monitored for counts and value?	
53. Are all inventory items accounted for, i.e., price, lead time?	
54. Are yearly maintenance goals and objectives shared with maintenance craftspeople?	
55. Are maintenance craftspeople involved in setting and meeting goals and objectives for the department?	
56. Is quality workmanship an important objective?	
57. Does this organization have a real interest in employee welfare and satisfaction?	
58. Is good performance recognized and rewarded?	
59. Does good job performance lead to job security in this organization?	
60. Is it likely that poor performance will lead to termination?	
<b>Comments:</b>	

<b>Category</b>	<b>Points</b>
Resource Management	
Information Management	
Preventive Maintenance and Equipment Technology	
Planning and Scheduling	

## Maintenance Effectiveness Survey

	To a very minor extent (below average)
	To some extent (average)
	To a good extent (above average)
MaintenanceSupport	
<b>TOTAL</b>	

## Maintenance Effectiveness Survey

	To a very minor extent (below average)
	To some extent (average)
	To a good extent (above average)

### Summarize the Results

Calculate the average values for each of the five categories and enter their point values below. The ranges shown give you an indication of your overall rating.

Questions you should consider when analyzing your results;

1. Does one group have higher overall / category ratings than the others? If so, what do you think has caused that?
2. Are there any items or categories that are consistently ranked low (or high) across all groups?
3. What ratings surprised you and why?

Category	Points
Resource Management	
Information Management	
Preventive Maintenance and Equipment Technology	
Planning and Scheduling	
Maintenance Support	
<b>TOTAL</b>	

### Ranges

- 180-160    WorldClass –best in practice
- 159-140    Verygood, effectiveoperations
- 139-120    Aboveaverage performance
- 119-110    Average performance
- 99-80      Below average performance –many opportunities for improvement

Assistance From Marshall Institute

## Maintenance Effectiveness Survey

	To a very minor extent (below average)
	To some extent (average)
	To a good extent (above average)

Call Marshall Institute at 1.800.637.0120 for details about the following services

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <p>◆ Compile surveys, analyze data and generate report describing results</p>   | <p>1 to 50 surveys<br/>50 to 100 surveys</p> | <p>\$500<br/>\$1000</p>                          |
| <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/>  |  |  |
| <p>◆ Building upon the analyzed data, one of our maintenance consultants will produce a written commentary and specific improvement recommendations</p> |  | <p>\$1200-2400 depending on scope of project</p> |
| <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/>  |  |  |
| <p>◆ Proactive Intergrated Maintenance (PRIMEval™) Improvement Plan</p>   |  | <p>Call for pricing</p>                          |

Maintenance Effectiveness Survey

	To a very minor extent (below average)
	To some extent (average)
	To a good extent (above average)

ARCHIVO DE AUDITORIA MES

(PROGRAMA DE STOCK DE REPUESTOS) EXACTUS