

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA  
MÁQUINA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UNA  
INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ALIMENTOS Y  
BEBIDAS”

Trabajo de graduación presentado por Angel Armando Tejada Medina  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en  
Tecnología Industrial

Guatemala,  
2015



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA  
MÁQUINA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UNA  
INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ALIMENTOS Y  
BEBIDAS”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería

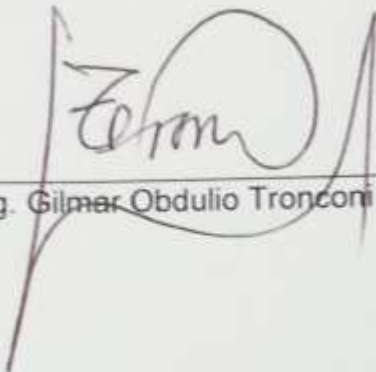


“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA  
MÁQUINA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UNA  
INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ALIMENTOS Y  
BEBIDAS”

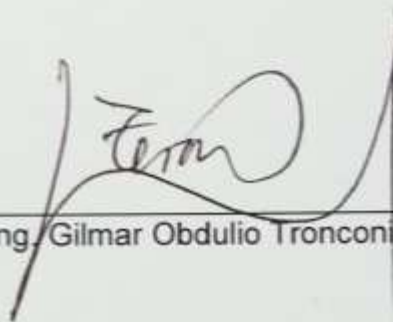
Trabajo de graduación presentado por Angel Armando Tejada Medina  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en  
Tecnología Industrial

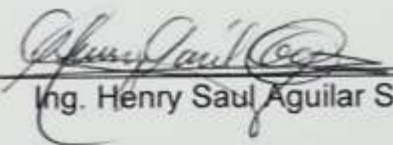
Guatemala,  
2015

Vo. Bo.

(f)   
Ing. Gilmar Obdulio Tronconi Sandoval

Tribunal Evaluador:

(f)   
Ing. Gilmar Obdulio Tronconi Sandoval

(f)   
Ing. Henry Saul Aguilar Sarceño

(f)   
Inga. Alejandra Francisca Bonilla Barreda

Fecha de aprobación: Guatemala, 23 de enero de 2015

---

## AGRADECIMIENTOS

Al término de este trabajo de graduación y durante toda mi carrera universitaria estuve rodeado de personas trascendentes que marcaron mi vida de forma significativa, ayudándome a crecer como persona y profesional, por lo cual agradezco:

Primero a DIOS Todopoderoso porque siempre ha estado conmigo, me ha guiado por el buen camino y me ha bendecido enormemente, gracias mi buen DIOS.

A mis padres José Armando y María Laura, por entregarme su apoyo incondicional en momentos difíciles de esta etapa, ayudándome a sobrellevarlos y a salir adelante con empuje y esfuerzo, gracias por hacer de mí quien soy.

A mis hermanos Kenny y Fernanda, por su paciencia y creer en mí en los momentos difíciles, dándome ánimo para continuar.

A mi tío Antonio, por sus sabios consejos que siempre los tome de buena forma, que me hicieron madurar en lo personal y profesional.

A la Universidad del Valle de Guatemala, por recibirme y enseñarme con paciencia y esmero.

A mis Docentes Universitarios y Asesor Gilmar Tronconi, por su capacidad de hacer que las cosas difíciles se vieran más fáciles.

Al Jefe de Sección Carlos Herrera, por darme el apoyo técnico y su experiencia para la realización de este trabajo de graduación.

Al Jefe del Departamento Luís Cortez, por darme la posibilidad de desarrollar este trabajo de graduación en la empresa, poniendo en mi toda su confianza.

A los mecánicos y electricistas de la empresa, por entregarme sus conocimientos en forma desinteresada siendo un apoyo fundamental en la realización de este trabajo.

A todos ustedes gracias.

Angel Tejada Medina.

---

## DEDICATORIA

Dedicado con todo cariño a las personas que estuvieron a mi lado durante este arduo camino, estos son mis padres, mis hermanos, mi abuelita, mi tío y mis amigos.

Gracias.

---

# ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	01
A. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO.....	01
B. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	01
C. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	02
II. OBJETIVOS.....	03
A. GENERAL.....	03
B. ESPECÍFICOS.....	03
III. JUSTIFICACIÓN.....	04
IV. MARCO TEÓRICO.....	05
A. MANTENIMIENTO.....	05
B. CONOCIMIENTO DE LA PALETIZADORA.....	10
C. CILINDROS NEUMATICOS.....	14
D. MOTORES Y REDUCTORES.....	18
E. RODAMIENTOS DEL EQUIPO.....	20
F. ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.....	24
G. POLEAS Y RODOS.....	25
H. CADENAS.....	27
V. MARCO METODOLÓGICO.....	29
A. POLÍTICAS Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN.....	29
B. DISPONIBILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO.....	33
C. ACTUALIZAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	34
D. INSPECCIÓN DE PALETIZADORA.....	35
E. LUBRICACIÓN DE PALETIZADORA.....	35
F. LIMPIEZA DE PALETIZADORA.....	36
G. CONCLUSIONES RESPECTO AL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA.....	36

---

	Página
VI. RESULTADOS.....	37
A. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS.....	37
B. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	37
C. CLASES DE MANTENIMIENTO.....	38
D. GENERALIDADES DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LLEVAR A CABO EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	39
E. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO AL REALIZAR MANTENIMIENTO.	39
F. ESTRUCTURA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	41
G. MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA PALETIZADORA.....	41
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
A. ESTUDIOS DE TIEMPOS DE LA VIDA DE UN CILÍNDRRO SEGÚN LAS REPARACIONES QUE SE LE REALICEN.....	44
B. ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS EQUIPOS EN MANTENIMIENTO.....	45
C. NIVEL ÓPTIMO PARA EL FUNCIONAMIENTO ECONÓMICO DE LA PALETIZADORA.	48
D. MONITOREO DEL PLAN.....	50
E. ANÁLISIS DE LA CALIDAD TOTAL EN LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO.....	51
VIII. CONCLUSIONES.....	52
IX. RECOMENDACIONES.....	53
X. BIBLIOGRAFÍA.....	54
XI. ANEXOS.....	55
XII. GLOSARIO.....	68

---

## LISTA DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Tipos de fijación de cilindros neumáticos.....	17
CUADRO 2. Designaciones para rodamiento rígido de una hilera de bolas.....	22
CUADRO 3. Designaciones para rodamiento rígido de una hilera con rodillos cilíndricos.....	23
CUADRO 4. Tabulación de frecuencia de fallas.....	43
CUADRO 5. Costos de operación y mantenimiento.....	46
CUADRO 6. Cotización de equipos y componentes.....	46
CUADRO 7. Costo total del plan de mantenimiento.....	47
CUADRO 8. Estado financiero de la línea de producción año 2014.....	47
CUADRO A.1. Análisis de causas y defectos de falla en motores eléctricos.....	55
CUADRO A.2. Análisis de causas y defectos de fallas en reductores de ejes paralelos.....	56
CUADRO A.3. Análisis de causas y defectos de fallas en rodamientos.....	56
CUADRO A.4. Análisis de causas y defectos de fallas en correas.....	57
CUADRO A.5. Ficha de inspección genérica diaria.....	58
CUADRO A.6. Ficha de inspección genérica semanal.....	59
CUADRO A.7. Ficha de inspección genérica mensual.....	60
CUADRO A.8. Check-List genérico de mantenimiento de poleas.....	61
CUADRO A.9. Instructivo de mantenimiento de reductores de ejes paralelos.....	62
CUADRO A.10. Instructivo de mantenimiento de alineación de acoplamientos.....	63
CUADRO A.11. Formato de entrevista técnica.....	64
CUADRO A.12. Formato de Check-List de recorrido.....	65
CUADRO A.13. Formato de orden de trabajo (OTR).....	66
CUADRO A.14. Cotización Inmaprisa.....	67

---

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Representación de la paletizadora.....	11
FIGURA 2. Cilindro neumático con amortiguación de fin de carrera.....	15
FIGURA 3. Cilindro de simple efecto.....	16
FIGURA 4. Cilindro de doble efecto.....	16
FIGURA 5. Dimensiones de rodamiento.....	20
FIGURA 6. Rodamiento rígido de bolas.....	20
FIGURA 7. Rodamiento de rodillos cilíndricos.....	21
FIGURA 8. Correas multi “V”.....	24
FIGURA 9. Correas dentadas.....	25
FIGURA 10. Poleas montadas sobre rodillos.....	26
FIGURA 11. Rodillos redondos.....	27
FIGURA 12. Cadena de transmisión de potencia.....	28
FIGURA 13. Procedimiento de inspección y comunicación de los departamentos.....	29
FIGURA 14. Objetivos del mantenimiento.....	37
FIGURA 15. Cilindro neumático de doble efecto.....	42
FIGURA 16. Diagrama de Pareto.....	43
FIGURA 17. Curva del estado de un equipo.....	44
FIGURA 18. Niveles de mantenimiento.....	48

---

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación, propone la implementación de un sistema de mantenimiento mediante fichas técnicas de control para el equipo industrial (paletizadora) en el área de producción de bebidas de la empresa. El cual está enfocado a eliminar los paros no previstos de la línea de producción, cumplir con los objetivos y básicamente con el propósito de resolver los problemas que se presentan continuamente al llevar a cabo el mantenimiento de todos los componentes del equipo industrial que hacen que el paletizado efectuado en la línea de producción funcione correctamente.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento se han considerado pasos fundamentales como lo son la planificación, organización, dirección y control de los equipos; por último evaluar las causas del porque se presenta un fallo del equipo en la línea, realizando un proceso de verificación y estudio del equipo, sobre el estado actual en el que se encuentra y el análisis del porque es recomendable evaluarlo para poderlo reparar o cambiar, siempre y cuando no se generen elevados costos al llevar a cabo el mantenimiento preventivo en la línea de producción de bebidas.

En lo que respecta a las fichas técnicas de control, estas fueron efectuadas de acuerdo a los subsistemas del equipo estudiado, con frecuencias de criticidad propuestas por el fabricante y a la experiencia de los encargados de mantenimiento, al igual que el stock de bodega.

En conclusión, el sistema de inspección implementado, permitirá obtener una planificación de mantenimiento más confiable, llevar un control del estado del equipo en cuanto al funcionamiento y al desgaste de piezas internas críticas de este, ya que se tendrá un sistema de información detallado, permitiendo tomar decisiones acertadas a los gestores del mantenimiento.

---

# I. INTRODUCCIÓN

## A. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO

El principal objetivo en la función de mantenimiento es asegurar que todos los recursos físicos de la empresa cumplan y sigan cumpliendo la función para la cual fueron creados o diseñados. Los indicadores de desempeño típicamente usados por la industria están basados por conceptos tales como Eficiencia y Productividad.

Por tal razón el presente trabajo de graduación pretende convertirse en una herramienta fundamental para el estudio del funcionamiento, desarrollo de técnicas y procedimientos de mantenimiento del equipo industrial (paletizadora), a través de un plan de mantenimiento, el cual una vez implantado se traducirá en seguridad y economía, para todos los mecánicos, operadores y ayudantes que laboran dentro del área de producción de bebidas.

Se pretende mejorar la programación de actividades para los trabajos realizados al equipo industrial (paletizadora) que es responsabilidad del departamento de mantenimiento basándose en la planificación de cada uno de estos. Para lo cual se deberá elaborar programas y estrategias de mantenimiento a nivel de componentes del equipo a estudiar.

## B. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la falta de un sistema de control bien definido para uno de los equipos industriales que forma parte del área de producción de bebidas, conlleva a los encargados de mantenimiento a realizar un gran número de acciones correctivas. Por tal razón conviene implementar un sistema de inspección a uno de los equipos más críticos, con el fin de disminuir paradas no programadas de mantenimiento llevando un registro de la condición del equipo mediante fichas de inspección técnica.

Actualmente como toda empresa día tras día va en la búsqueda del dominio del mercado, el cual se obtiene ofreciendo productos o servicios con el mejor nivel de calidad; para ello es necesario analizar en forma clara y precisa el estado actual de la empresa identificando los pequeños inconvenientes encontrados en el proceso y mantenimiento preventivo, de forma que el estudio contribuya a la mejora del sistema.

## C. SOLUCIÓN PROPUESTA

Implementar un sistema de inspección de mantenimiento en uno de los equipos más críticos (paletizadora) del área de producción de bebidas, para tratar de disminuir estas paradas no programadas de mantenimiento llevando un registro acabado de la condición del equipo mediante fichas de inspección.

---

## II. OBJETIVOS

### A. General:

- Implementar un sistema de inspección a una paletizadora en el área de producción de bebidas mediante fichas técnicas de control para lograr un mantenimiento más preciso y confiable en el equipo industrial.

### B. Específicos:

- Aplicar técnicas de monitoreo en el mantenimiento para diagnosticar el estado actual del equipo industrial (paletizadora) en el área de producción de bebidas de la empresa.
- Elaborar instructivos de mantenimiento para los componentes críticos del equipo en estudio (paletizadora).
- Elaborar un procedimiento de manejo de la información para mejorar la gestión de mantenimiento del equipo industrial en el área de producción de bebidas de la empresa.

---

### III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente el mantenimiento requiere un enfoque global que lo integre en el contexto empresarial con la importancia que se merece. Su papel destacado en la necesaria orientación a los negocios y resultados de la empresa, es garantizado por su aporte a la competitividad a través del aseguramiento de la confiabilidad y disponibilidad del equipo, maquinaria e instalaciones de la organización.

Para conocer el estado actual de la operación de la empresa, para saber si se están administrando y utilizando correctamente sus recursos humanos y físicos, se necesitan indicadores o índices de desempeño para poder tomar decisiones o hacer cambios dentro de la organización.

En la última década, las estrictas normas de calidad certificada se deben cumplir, así como la intensa presión competitiva entre industrias del mismo rubro para mantenerse en el mercado nacional e internacional, ha estado forzando a los responsables del mantenimiento en las plantas industriales a implementar los cambios que se requieren para pasar de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia piezas y/o máquinas completas, a una unidad de alto nivel que contribuye de gran manera en asegurar los niveles de producción. Es, por tanto, necesario hacer notar que la actividad de “mantener”, si es llevada a cabo de la mejor manera, puede generar un mejor producto lo que significa producción de mejor calidad, en mayor cantidad y con costos más bajos.

---

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un trabajo para prevenir el deterioro del rendimiento y estado del equipo, es decir, prevenir el mal funcionamiento o falla de la maquinaria o equipo (Dounce, 2000).

El mantenimiento generalmente se define como un conjunto de actividades planificadas o imprevistas con la cual se consigue que un equipo o instalación sea restaurada a su operación.

1. **Función del mantenimiento.** Es una disciplina industrial construida bajo los fundamentos de la ciencia y la tecnología, para brindar un servicio técnico que ayuda a conservar la integridad física de los bienes y equipos con el objetivo de mantener un óptimo rendimiento y la máxima vida útil de una unidad de producción, independientemente de lo que se produce sean productos o servicios (Wireman, 1998).

El mantenimiento está considerado como un órgano de soporte técnico al sistema de producción, cuyo encuadre depende del menor o mayor alcance de las funciones que le sean asignadas según la política de mantenimiento de la empresa. El mantenimiento ha de tener una visión a corto, mediano y largo plazo.

#### 2. Clasificación del mantenimiento.

a. Desde el punto de vista filosófico se clasifica en:

- 1) Mantenimiento preventivo.
- 2) Mantenimiento correctivo.

b. Desde el punto de vista de su ejecución se clasifica en:

- 1) Mantenimiento preventivo.
- 2) Mantenimiento predictivo.
- 3) Mantenimiento correctivo.

1) **Mantenimiento preventivo.** Son acciones de mantenimiento programadas y ejecutadas de manera que no se afecte la producción de forma imprevista (Monchy, 1990).

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Es un mantenimiento preventivo si se realiza antes de aparecer la falla en los equipos, este tiene una programación estipulada dependiendo de las horas de uso del equipo. Sus actividades básicas son: limpieza, lubricación y ajustes.

2) **Mantenimiento predictivo.** Son acciones de mantenimiento programadas de acuerdo a las evaluaciones de la condición de operación de los equipos cuyo seguimiento se realiza por medio de la utilización de instrumentos especiales y su ejecución es de tal manera que no afecta la producción de forma imprevista (Mora, 2001).

3) **Mantenimiento correctivo.** Son acciones de mantenimiento planificado para después de haber ocurrido una falla, con el fin de devolver al equipo su condición normal de funcionamiento.

El mantenimiento de este tipo es considerado como aquel mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presenta en determinado momento. Su función principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y al mínimo costo. Se afecta la producción debido a la ocurrencia de la falla.

### 3. Objetivos de la función de mantenimiento.

- Asegurar las condiciones de utilización de los equipos para el momento en que se necesite.
- Contribuir a los logros en la calidad del producto, a la buena y correcta operación de los equipos.
- Contribuir con el retorno óptimo del capital invertido en el equipo durante su funcionamiento.
- Contribuir con la seguridad del usuario y del mantenedor así como la protección al medio ambiente.

4. Como se percibe un mantenimiento deficiente. Un mantenimiento deficiente tiene una o más de las siguientes características:

- Frecuentes paros de producción originada por fallas repetitivas o irreparables de los equipos de producción o por estar los equipos de respaldo inservibles o fuera de servicio.
- Alto número de accidentes ocasionados por descuidos operacionales, reparaciones mal ejecutadas o roturas de partes por suciedad, aceite derramado, corrosión entre otros.
- Desgaste acelerado de los equipos por deficiencia en la lubricación o en el mantenimiento preventivo básico lo que reduce la vida útil de los mismos.
- Altos costos de reparación o reemplazo de equipos originado por la ejecución de labores de mantenimiento imprevisto, debido a emergencias o por compras compulsivas de repuestos y partes.
- Elevado número de trabajos a causa de la baja calidad de las reparaciones por defectos en las partes o repuestos o por la poca pericia técnica de los trabajadores.
- Utilización de herramientas inadecuadas, por inexistencia de las adecuadas o por estar estas últimas dañadas o extraviadas. Manejo inexperto e inseguro de las herramientas.

- Desconocimiento de las características, recomendaciones del fabricante e historia de los equipos, máquinas y herramientas por no tener un inventario y una historia ordenada de los mismos.
- Inexistencia o incumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo, por carencia de una programación o por falta de una interacción efectiva entre el personal de mantenimiento y el de producción u operaciones y el de los servicios de apoyo.
- Poca pericia técnica del personal debido a deficiencia o inexistencia de programas de adiestramiento del personal artesanal, técnico y supervisor o una selección inadecuada de dicho personal.
- Baja productividad, disciplina y entusiasmo del personal de mantenimiento por sentirse relegado y poco apoyado.
- Aspecto sucio y deteriorado de las instalaciones, acompañado generalmente por algún tipo de contaminación ambiental.
- Un mantenimiento deficiente tiene un elevado número de actividades correctivas y de emergencia y trae como consecuencia, menor confiabilidad y vida útil de los equipos, mayores costos de mantenimiento, menores índices de seguridad, menor desempeño del personal y en general menor productividad.

5. Beneficios de un buen mantenimiento. Un mantenimiento bien aplicado tiene altos costos, pero genera buenos beneficios:

- ✓ Cumplimiento y mejoramiento de las metas de producción de la planta garantizada por una mayor disponibilidad operacional de los equipos.
- ✓ Reducción importante de las fallas de los equipos y de los costos involucrados por disminución de los trabajos de emergencia o de los accidentes o incidentes ocasionados por fallas mayores de los equipos.
- ✓ Menor desperdicio de tiempo, de materiales y mayor calidad de los trabajos de mantenimiento y de los productos de la planta, lo que genera menores costos anuales y mayores ahorros de divisas, si los repuestos son importados.

- ✓ Reducción de accidentes y de riesgos para el personal y para el funcionamiento de planta.
- ✓ Extensión de la vida útil y menores gastos de reemplazo de los equipos.
- ✓ Personal mejor entrenado, con mayor capacidad técnica, más ordenado lo que traduce en un ambiente de trabajo más limpio y seguro.
- ✓ Mayor disponibilidad de herramientas adecuadas por ser seleccionadas por manos técnicas y estar mejor cuidadas. Además de que serán manejadas de manera experta y segura, conservadas más responsablemente por los trabajadores.
- ✓ Personal más satisfecho y de mayor productividad.

6. **Importancia de la productividad.** La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. Dado que la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos que están a disposición de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

Desde el punto de vista económico y práctico, es importante considerar ciertos cambios que continuamente se llevan a cabo en los ambientes industriales y de negocios. Estos incluyen la globalización del mercado y de la manufactura, el crecimiento del sector servicios, la utilización de ordenadores en todas las operaciones de la empresa y la aplicación cada vez más extensa de la Internet y la web.

La única forma en que un negocio o empresa puede crecer e incrementar sus ganancias es mediante el aumento de su productividad. La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida (Niebel y Freivalds, 2009).

## B. CONOCIMIENTO DE LA PALETIZADORA.

Es necesario conocer la maquinaria en su funcionamiento para tener una actitud adecuada al momento de presentarse cualquier tipo de imprevisto.

1. **Breve descripción.** La paletizadora es la máquina que se encarga del embalaje de los envases que han sido llenados y codificados con anterioridad en el proceso de producción. Esta máquina es capaz de paletizar, empaquetar y empilar de acuerdo con el propósito intencional y del equipo.

2. **Funcionamiento.** Esta máquina tiene como función paletizar embalajes en camadas automáticamente. Los embalajes son desplazados por la mesa de entrada (2) y mesa de acumulación (3) con rolos arrastrados por cadenas y accionados por motorreductores.

Las camadas e hileras son desplazadas por los empujadores (8), (9) montados en el eje guía con manguitos lineares, arrastrados por cintas sincronizadoras y accionadas por motorreductores. La disposición de la camada es ejecutada en la plataforma móvil (6) donde el movimiento horizontal es hecho por las placas montadas en el eje guía con manguitos lineares, arrastrados por cintas sincronizadoras y accionado por motorreductores.

El elevador (7) ejecuta el movimiento vertical por un tornillo sin fin con cojinetes axial de desplazamiento lineal accionado por un motor (11) de dupla polaridad que garantiza un posicionamiento exacto para la disposición. La máquina aun es compuesta por la columna (12), que sostiene el elevador y la plataforma móvil, bloqueadores de cajas neumáticos (4) (5) montados de bajo la mesa de acumulación, centradora de camadas (10) para ajuste de los paquetes con accionamiento neumático, trecho de transporte de paleta (13) con rolos, montados sobre el elevador.

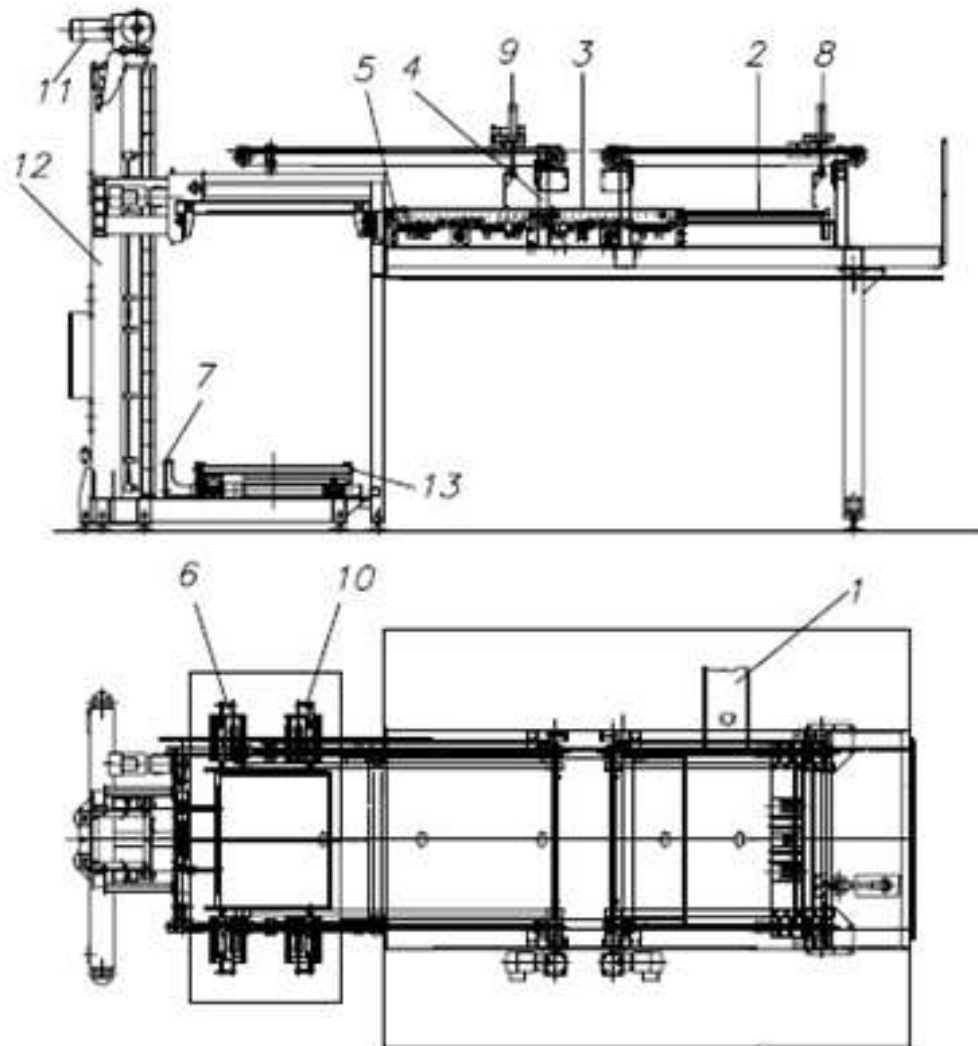
Los embalajes son elevados a través del transporte de cajas (1), ahí las cajas son dispuestas en la mesa (2) conforme el deseado. El empujador (8) desplaza la hilera hacia la mesa (3) 2° fase, está por su vez lleva hacia el bloqueo (4), la operación es repetida hasta la formación de la camada.

La mesa (3) transfiere la camada de la 1° para la 2° fase hacia el bloqueo (5). Después de posicionado el empujador (9) desplaza la camada hacia la plataforma móvil (6) donde es ajustado por lo centralizador de camadas (10) entonces la plataforma es abierta, depositando la camada en el pallette que se encuentra posicionado debajo sobre el elevador (7), está por su vez

baja lo suficiente para que la plataforma sea cerrada, y toda la operación es repetida hasta que sea alcanzado el número deseado de camadas.

Después el elevador baja hacia el nivel del transporte de paletes, entonces el palete lleno deja esta estación para que un palete vacío entre y suba rápidamente para el nivel de disposición, y todo ciclo de formación del palete se repita nuevamente.

FIGURA 1. Representación de la paletizadora



Fuente: SERVICE MANUAL. LITTON UHS, von Gal Palletizers. Montgomery, AI.36195.

3. Consideraciones previas al arranque de la paletizadora. Antes de poner en funcionamiento la paletizadora deben tomarse todas las prevenciones necesarias para evitar cualquier tipo de contratiempo durante el proceso de producción, dentro de las cuales se detallan las siguientes:

- Sacar fragmentos u otros objetos extraños que se encuentren en la máquina (vaciar).
- Preseleccionar en el tablero de control el programa de la presentación del producto.
- Acumulación mínima de embalses en la paletizadora
- Ningún atasco de paletes en la salida
- Reserva de paletes en la entrada

La máquina se pone ahora automáticamente en la posición inicial necesaria para el ciclo automático (por ej.: conjunto elevador arriba, elementos de agarre abiertos).

El palete se carga o se descarga con embalajes hasta el número de capas preseleccionado (pupitre de mando), y a continuación sale de la máquina.

4. Arranque de la paletizadora. Para arrancar la paletizadora de la línea de producción, debe considerarse lo siguiente antes de poner en marcha la paletizadora.

a. Función automática. El servicio automático de la máquina se activa de la manera siguiente:

- Verificar si está seleccionando el programa correcto y si coincide con la preparación básica de la máquina.
- Accionar el pulsador de confirmación (indicación de fallo) si hay fallos, estas aparecen en la línea de aviso de la pantalla.
- Eliminar completamente los fallos y confirmar.
- Preseleccionar el modo de servicio automático.
- Arrancar el modo de servicio automático.
- La máquina se pone en funcionamiento.

b. **Función manual.** Algunas funciones individuales de la máquina (especialmente los movimientos) se pueden activar en el modo de servicio manual desde el panel de control de la máquina de la manera siguiente:

- Desbloquear el pulsador parada de emergencia.
- Accionar el pulsador de confirmación (fallo). Si se presentan fallos estos aparecen en la línea de aviso de la pantalla.
- Eliminar los fallos y confirmar.
- Desconectar el modo automático.
- Llamar el cuadro de función manual deseado mediante los cuadros de maniobra en la pantalla.
- Accionar pulsador de reelección servicio manual, los cuadros de maniobra se visualizaran en la pantalla.
- Pulsar el cuadro de maniobra deseado.
- Accionando el pulsador de arranque se ejecuta la función manual deseada. La ejecución suele durar el tiempo que se accione el pulsador.

**5. Limpieza de la paletizadora.** Este procedimiento tiene el propósito de mantener en buen estado la maquinaria así como identificar las piezas que necesitan atención inmediata o bien un ajuste más preciso.

Busca que no existan impurezas dentro del producto terminado en ninguna de sus etapas, así como la salud operativa de cada uno de los colaboradores.

Por medio del siguiente procedimiento se asegura la calidad del producto terminado y se da un paso importante para la satisfacción del consumidor final:

- La máquina no se debe limpiar con vapor recalentado o con disolventes agresivos que contengan cloro.
- No limpiar los cojinetes con un equipo de limpieza de alta presión.
- Asegurarse antes de limpiar la máquina con algún líquido, por ejemplo agua de que esta no entre en las aberturas de la máquina. Principalmente motores eléctricos, acoplamientos, frenos y los armarios de distribución.
- Cubrir el filtro del ventilador del armario de distribución antes de la limpieza.
- No limpiar el pupitre de mando, el armario de distribución, los motores y todos los cojinetes con un chorro a presión.
- No rociar los motores con un chorro frío cuando están calientes.

- Quitar todas las coberturas correspondientes con un chorro a presión.
- Quitar posibles fragmentos existentes y/o otros objetos extraños de la máquina / de los transportadores.
- Limpiar siempre las máquinas y los transportadores sucios antes de cada lubricación o engrase.
- Limpiar la máquina de inmediato con agua tibia al fin del servicio.

## C. CILINDROS NEUMÁTICOS

Son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un embolo o pistón. Funciona de tal manera que al introducir un determinado caudal de aire comprimido, este se expanda dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al embolo un vástago rígido este mecanismo es capaz de empujar algún elemento o simplemente sujetarlo, la fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón.

Donde se tiene que  $F = P \times A$

F= fuerza.

P= presión manométrica.

A= área del émbolo o pistón.

### 1. Partes principales.

- 1) Tubo cilíndrico
- 2) Tapa posterior fondo o trasera
- 3) Tapa anterior o delantera
- 4) Vástago
- 5) Collarín obturador
- 6) Casquillo de cojinete
- 7) Aro rascador
- 8) Manguito doble de copa
- 9) Juntas de estanqueidad toricas o anillos toroidales (estáticas y dinámicas).

Para efectos de las entradas del fluido que los acciona se tienen:

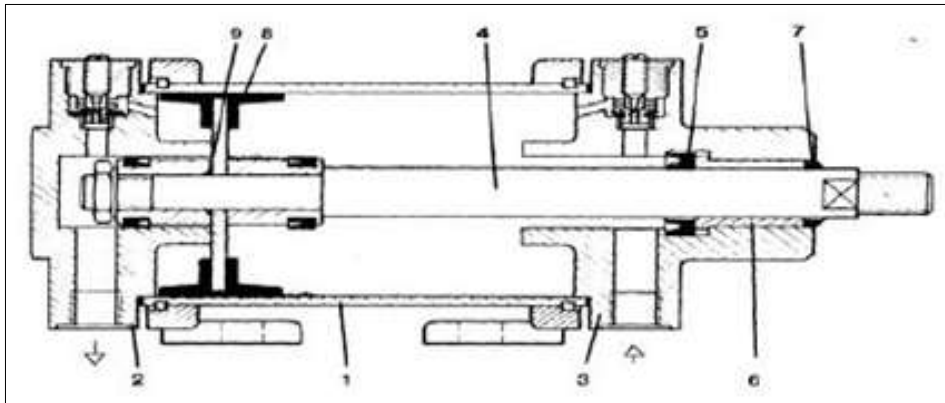
Entrada/salida de aire trasera.

Entrada/salida de aire delantera, (Doble efecto).

Resorte para el retroceso, (Simple Efecto).

## 2. Estructura de un cilindro neumático con amortiguación de fin de carrera.

FIGURA 2. Cilindro neumático con amortiguación de fin de carrera



Fuente: DODGE GERING ENGINEERING CATALOG, 2004.

El cilindro de émbolo se compone de: tubo, tapa posterior (fondo) y tapa anterior con cojinete (manguito doble de copa), vástago, casquillo de cojinete y aro rascador; además, de piezas de unión y juntas. El tubo cilíndrico (1) se fabrica en la mayoría de los casos de tubo de acero embutido sin costura. Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión (bruñido).

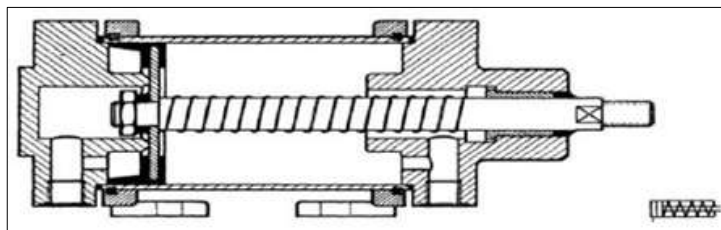
Para las tapas posterior fondo (2) y anterior (3) se emplea preferentemente material de fundición (de aluminio o maleable). La fijación de ambas tapas en el tubo puede realizarse mediante tirantes, roscas o bridas. El vástago (4) se fabrica preferentemente de acero bonificado, este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión. Su superficie se comprime en un proceso de rodado entre discos planos. La profundidad de asperezas del vástago es de 1mm en general, las roscas se laminan al objeto de prevenir el riesgo de roturas. En cilindros hidráulicos debe emplearse un vástago cromado (con cromo duro) o templado para normalizar el vástago se monta en la tapa anterior un collarín obturador (5). De la guía de vástago se hace cargo un casquillo de cojinete (6), que puede ser de bronce sinterizado o un casquillo metálico con revestimiento de plástico. Delante del casquillo de cojinete se encuentra un aro rascador (7). Este impide que entren partículas de polvo y suciedad en el interior del cilindro por eso, no se necesita emplear un fuelle.

El manguito doble de copa (8) hermetiza la cámara del cilindro. Las juntas tóricas o anillos toroidales (9) se emplean para la obturación estática, porque deben pretensarse, y esto causa pérdidas elevadas por fricción en aplicaciones dinámicas.

3. Tipos de cilindros. Entre los tipos de cilindros neumáticos que se encuentran dentro de la paletizadora de la línea de producción son los siguientes:

a. Cilindro de simple efecto. Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido no pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100mm. Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

FIGURA 3. Cilindro de simple efecto

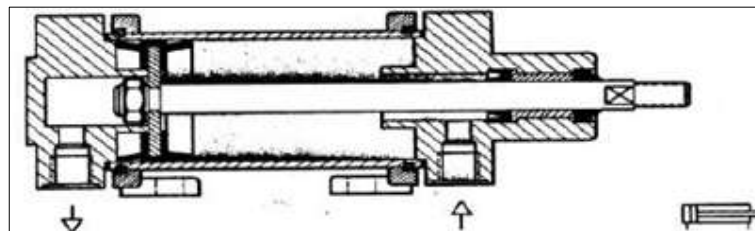


Fuente: DODGE GERING ENGINEERING CATALOG, 2004.

Este tipo de cilindro realiza trabajo aprovechable sólo en uno de los dos sentidos, y la fuerza obtenible es algo menor a la que da la expresión  $F = P \times A$ , pues hay que descontar la fuerza de oposición que ejerce el resorte.

b. Cilindro de doble efecto. La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, al realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno. El pistón es accionado por el aire comprimido en ambas carreras. Realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha. Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido.

FIGURA 4. Cilindro de doble efecto

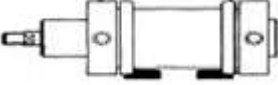

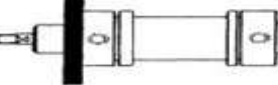
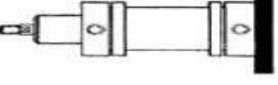
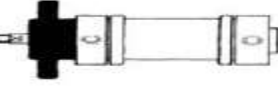
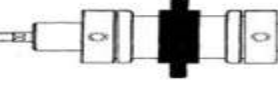
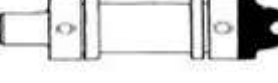


Fuente: DODGE GERING ENGINEERING CATALOG, 2004.

4. Factores esenciales para la elección de un cilindro neumático. Para elegir el tipo de cilindro para uso en las paletizadoras primero se debe de tomar en cuenta el sistema que lo va a poner a funcionar el área donde se va a ubicar dentro de la línea para que este desempeñe la operación adecuada, cada cilindro depende de un tipo de fijación donde se desea ensamblar ya que para eso existe un tipo de fijación la cual abastece la posición y el modo en que los cilindros se coloquen en dispositivos y máquinas.

Si el tipo de fijación es definitivo, el cilindro puede ir equipado de los accesorios de montaje necesarios, de lo contrario, como dichos accesorios se construyen según el sistema de piezas estandarizadas, también más tarde puede efectuarse la transformación de un tipo de fijación a otro. El sistema de montaje se facilita al combinar el cilindro básico con el tipo de fijación adecuado de los cuales para las líneas paletizadoras se observan estos tipos como se muestran.

CUADRO 1. Tipos de fijación de cilindros neumáticos

REPRESENTACIÓN GRÁFICA	TIPO DE FIJACIÓN
	Fijación por pies
	Fijación por rosca
	Brida anterior
	Brida Posterior
	Brida anterior oscilante
	Brida central oscilante
	Brida posterior oscilante

Fuente: Crespo Márquez, A.; Moreu de León, P. y Sánchez Herguedas, A. *Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación en la fase operativa de los equipos*, 2004.

## D. MOTORES Y REDUCTORES

Los reductores y motorreductores son apropiados y muy utilizados para el accionamiento de toda clase de las máquinas y aparatos dentro de la planta, los mismos permiten reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Al emplear motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción como la regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida así como la mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

1. **Análisis de los motores y tipos de reductores.** Dentro de la planta se manejan diferentes tipos de motores y reductores de los cuales para la paletizadora de la línea de producción se utilizan motorreductores marca SEW Euro Drive.

En la paletizadora se utilizan motorreductores pequeños y medianos para lo cual la transmisión se hace por cadenas o correas siempre y cuando se mantiene la alineación entre los sprocket y/o piñones de las cadenas al igual que las poleas de los rodillos del sistema de transportadores.

2. **Niveles de aceite utilizados en los reductores.** En la parte interna del reductor se encuentran los engranajes y los rodamientos los cuales están lubricados por inmersión o salpique del aceite alojado en la carcasa. Se debe revisar el nivel del aceite antes de poner en marcha la unidad de reducción.

En la carcasa se encuentran los tapones de llenado, nivel y drenaje de aceite. El de llenado posee un orificio de ventilación el cual debe permanecer limpio. Los reductores tienen una placa de identificación, en la cual se describe el tipo de lubricante a utilizar en condiciones normales de trabajo.

El reductor lleva tapones de llenado y ventilación, nivel y vaciado. En la placa de identificación del reductor se encuentra el tipo de aceite apropiado. El aceite a usar debe contener aditivos de extrema presión del tipo azufre-fósforo, los cuales le dan características antidesgaste de reducción a la fricción, disminuyendo así la elevación de temperatura en los engranajes.

Adicionalmente aditivos contra la formación de herrumbre y la corrosión, así como agentes especiales para aumentar la estabilidad a la oxidación y resistencia a la formación de espuma. Siempre tomando en cuenta que bajo condiciones extremas de temperatura o humedad deben emplearse aceites adecuados.

Existen varias formas de controlar el nivel de aceite en un reductor, para la paletizadora se tienen reductores que están ensamblados en diferentes posiciones por lo tanto el comportamiento que ejerce el fluido de aceite dentro de estos va depender de la posición en que se encuentre así mismo el medidor de nivel no va ser el mismo para todos los motorreductores dentro de la línea el medidor será el tapón con rosca que se localice por lo regular un poco arriba del eje según la posición que se le dé al reductor. Por lo regular el reductor viene modificado para colocarlo en 4 posiciones así mismo para que uno seleccione la unidad de drenaje y medidor de aceite. El nivel del aceite debe comprobarse regularmente, mínimo una vez al mes; el agujero de ventilación debe mantenerse siempre limpio; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencias y materiales constructivos.

Según el tipo del reductor, se suele recomendar una puesta en marcha progresiva, en cuanto a la carga de trabajo, con unas 50 horas hasta llegar al 100%. Asimismo, es muy recomendable el sustituir el aceite la primera vez tras 200 horas de trabajo, pudiendo incluso el decidir en ese momento un “lavado” del reductor. A partir de ese momento, los cambios de lubricante deberán hacerse siempre de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, realizando habituales cambios cada 2000 horas de trabajo.

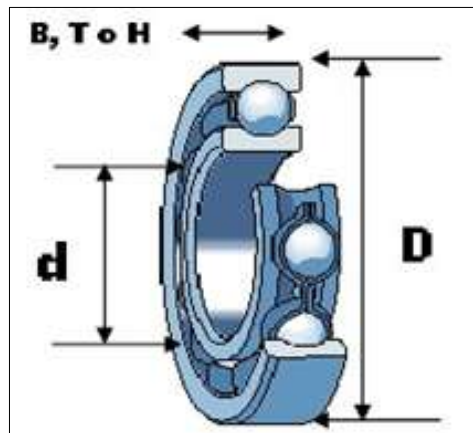
En caso de disponer de reductores de repuesto, estos deben permanecer completamente llenos de lubricante recomendado, para prevenir oxidación de los elementos internos y protección de los acoplamientos. Es importante “marcar” en el mismo reductor la necesidad de vaciar el lubricante sobrante antes de ser puesto en servicio.

## E. RODAMIENTOS DEL EQUIPO

En la paletizadora existen diferentes rodamientos de los cuales la mayoría se encuentran ubicados en las chumaceras y en áreas de rodillos de transporte donde se necesita de rotación por medio de rodamientos. Un rodamiento se compone por sus dimensiones como se muestra.

Diámetro de agujero “d”, el diámetro exterior del rodamiento “D” y su anchura o altura “B”, “T” o “H”.

FIGURA 5. Dimensiones del rodamiento



Fuente: SKF. Catálogo General 2003.

1. Tipos de rodamientos y sus características. Entre los tipos de rodamientos más utilizados en las paletizadoras tenemos el rígido de bolas y rodamientos de rodillos cilíndricos.

a. Rodamiento rígido de bolas. Disponibles con tolerancia y juego radial normal, sin embargo, hay series disponibles para juego radial más grande (C3) o tolerancias más cerradas. Por regla general, los rodamientos rígidos de bolas están equipados con jaula de acero estampado. Cualquier modificación o cambio de diseño de la jaula está indicado en la designación del mismo.

FIGURA 6. Rodamiento rígido de bolas

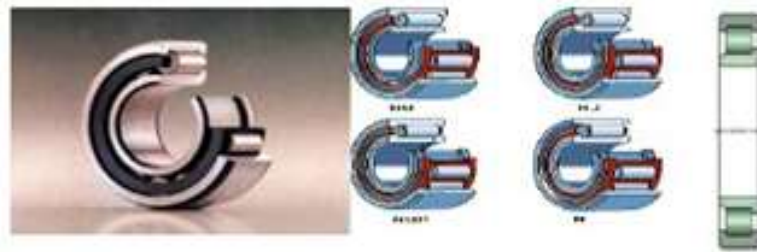


Fuente: SKF. Catálogo General 2003.

Este tipo de rodamientos soportan cargas medias tanto radiales como axiales, así como cargas combinadas. Apropriados para altas velocidades y admiten una ligera desalineación

b. Rodamiento de rodillos cilíndricos. Disponibles en varios diseños característicos, diferenciados por los bordes que pueden presentar en el aro interior o exterior. El diseño NJ tiene dos bordes en el aro exterior y un borde en el aro interior. Pueden transmitir fuerza axial en una sola dirección. El diseño NUP tiene dos bordes en el aro exterior y un borde en el aro interior, con un anillo de fijación axial y son instalados como apoyos fijos para soportar fuerzas axiales en ambos sentidos. El diseño NJ se instala con un anillo angular HJ como apoyo fijo.

FIGURA 7. Rodamiento de rodillos cilíndricos



Fuente: SKF. Catálogo General 2003.

2. Designaciones de los rodamientos. Todo rodamiento métrico normalizado tiene una designación básica específica que indica el tipo de rodamiento y la serie de dimensiones normalizadas de sus dimensiones. Estas designaciones constan de 3, 4 o 5 cifras o de una combinación de letras o cifras, y se designan en este orden: tipo, serie de dimensiones y diámetro del agujero.

Los símbolos de tipo y serie de dimensiones, eventualmente junto con un sufijo por modificación del diseño interno, constituyen la serie de rodamiento.

### a. Designaciones para rodamiento rígido de una hilera de bolas.

A continuación se explican las designaciones que se utilizan frecuentemente para los rodamientos rígidos de bolas.

CUADRO 2. Designaciones para rodamiento rígido de una hilera de bolas

<b>ATN9</b>	A + TN9
<b>C2</b>	Juego interno radial menor que el normal.
<b>C3</b>	Juego interno radial mayor que el normal.
<b>M</b>	Jaula mecanizada de latón.
<b>MA</b>	Jaula mecanizada de latón, centrada en el aro exterior.
<b>N</b>	Ranura para anillo elástico en la superficie externa del aro exterior.
<b>NR</b>	Ranura para anillo elástico en el aro exterior, con anillo elástico.
<b>P5</b>	Mayor precisión dimensional y exactitud de giro (mejor que P6) conforme a tolerancia ISO clase 6.
<b>P6</b>	Mayor precisión dimensional y exactitud de giro (mejor que el normal) conforme a tolerancia ISO clase 6.
<b>P63</b>	P6 + C3
<b>-RS1</b>	Reten de caucho sintético (reten rozante) con esfuerzo de chapa de acero en un lado del rodamiento.
<b>-2RS1</b>	Reten RS1 en ambos lados del rodamiento.
<b>-RZ</b>	Reten de bajo rozamiento de caucho sintético con refuerzo de chapa de acero en un lado del rodamiento.
<b>-2RZ</b>	Reten RZ en ambos lados del rodamiento.
<b>TN9</b>	Jaula de poliamida 6,6 reforzada con fibra de vidrio y moldeada por inyección.
<b>-Z</b>	Z + N
<b>-ZNR</b>	Z + NR
<b>-2Z</b>	Placa de protección Z en ambos lados del rodamiento.
<b>-2ZN</b>	2Z + N
<b>-2ZNR</b>	2Z + NR

Fuente: DODGE GERING ENGINEERING CATALOG, 2004

b. Designaciones para rodamiento rígido de una hilera con rodillos cilíndricos. A continuación se explican las designaciones que se utilizan frecuentemente para los rodamientos de rodillos cilíndricos.

CUADRO 3. Designaciones para rodamiento rígido de una hilera con rodillos cilíndricos

<b>C2</b>	Juego interno radial menor que el normal.
<b>C3</b>	Juego interno radial mayor que el normal.
<b>E</b>	Diseño interno optimizado, más rodillos y rodillos de mayor tamaño.
<b>EC</b>	Diseño interno optimizado, más rodillos y rodillos de mayor tamaño y contacto mejorado entre rodillo/pestaña.
<b>ECJ</b>	EC + J
<b>ECM</b>	EC + M
<b>ECMA</b>	EC + MA
<b>ECMB</b>	EC + MB
<b>ECML</b>	EC + ML
<b>ECMP</b>	EC + MP
<b>ECP</b>	EC + P
<b>J</b>	Jaula de chapa de acero.
<b>M</b>	Jaula mecanizada de latón, en dos piezas, centrada en los rodillos.
<b>MA</b>	Jaula mecanizada de latón, en dos piezas, centrada en el aro exterior.
<b>MB</b>	Jaula mecanizada de latón, en dos piezas, centrada en el aro interior.
<b>ML</b>	Jaula optimizada de latón tipo ventana mecanizada, centrada en el aro interior en el aro exterior.
<b>MP</b>	Jaula de latón tipo ventana (con alvéolos perforados), centrada en el aro interior o en el aro exterior.
<b>P</b>	Jaula de poliamida 6.6 reforzada con fibra de vidrio y moldeada por inyección.

Fuente: DODGE GERLING ENGINEERING CATALOG, 2004

3. Montajes de los rodamientos. Para los montajes de los rodamientos en las líneas se realizan montajes por métodos mecánicos, método por inducción, métodos hidráulicos, métodos térmicos y el método en frío.

## F. ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Entre los elementos que se encuentran de transmisión de potencia dentro de la paletizadora se tienen el movimiento de fajas, poleas, cadenas los cuales hacen mover toda la parte de los rodillos de transporte distribuidos en varias partes del equipo de paletizado.

1. Fajas. Las transmisiones por fajas se caracterizan por su forma especialmente sencilla, marcha silenciosa y una considerable capacidad de absorber elásticamente los choques. Sus componentes tienen generalmente un precio reducido, de aproximadamente el 63% del de las transmisiones por engranajes cilíndricos, sin embargo las dimensiones de las ruedas son mayores, así como las distancias entre centros y la carga sobre los cojinetes, la usualmente poca duración de la faja las cataloga como una transmisión de mediana durabilidad y existe deslizamiento elástico durante el funcionamiento de la transmisión. Las transmisiones por fajas son transmisiones por fricción y flexibles, lo que le permite transmitir el movimiento de la polea conductora a la conducida, con la potencia deseada, gracias a la fuerza de rozamiento que surge en el contacto entre la polea y faja dado por el tensado de esta última.

### 2. Tipos de fajas utilizadas en la paletizadora.

a. Correas multi "V". Son una combinación de correas planas y trapeciales, uniendo las ventajas de las planas en cuanto a su gran flexibilidad y la alta capacidad tractiva de las trapeciales.

FIGURA 8. Correas multi "V"



Fuente: Crespo Márquez, A.; Moreu de León, P. y Sánchez Herguedas, A. *Ingeniería de mantenimiento*. Técnicas y métodos de aplicación en la fase operativa de los equipos, 2004.

b. **Correas dentadas.** Son correas que por su diámetro exterior son planas, pero por su diámetro interior está dotada de protuberancias que pueden tener diferentes formas, trapeciales, redondas y trapeciales redondeadas con flanco parabólicos. Esta transmisión se distingue por el uso de poleas dentadas. Su trabajo no depende sólo de la fricción sino también de la forma de sus elementos. Las formas geométricas y materiales empleados definen las siguientes características:

- Gran sincronismo de marcha
- Alta eficiencia 98%
- Alta resistencia a la fatiga
- Pueden comprarse abiertas o sinfín
- Cubren una gran gama de pasos y anchos
- Se fabrican con gran resistencia a altas temperaturas y al contacto con aceites y derivados del petróleo.

FIGURA 9. Correas dentadas



Fuente: Crespo Márquez, A.; Moreu de León, P. y Sánchez Herguedas, A. *Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación en la fase operativa de los equipos*, 2004.

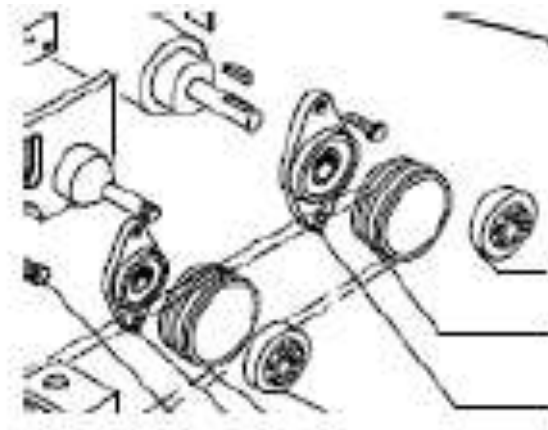
## G. POLEAS Y RODOS

La polea es el medio que se utiliza para hacer girar ejes de reductores, motores y todos los medios como rodos que necesitan del movimiento giratorio para poder trasladar los embalajes sobre ellos lo cual cada polea es movida por diferentes tipos de fajas.

El rodo es el medio que se utiliza como transporte lo cual mueve los sacos de un lugar a otro movido siempre por cualquier tipo de polea al ser accionado este a una velocidad constante.

1. **Poleas utilizadas en el equipo.** En la línea de producción la paletizadora utiliza diferentes tipos de poleas, las cuales están distribuidas en diferentes partes del equipo. Como es el caso para el área de rodillos de transporte; donde se utilizan poleas de transmisión sincronizada y el cual permite una velocidad lineal constante.

FIGURA 10. Poleas montadas sobre rodillos



Fuente: SERVICE MANUAL. LITTON UHS, von Gal Palletizers. Montgomery, AI.36195.

Para cualquier tipo de polea es necesario conocer la designación o identificación de la misma lo cual para cada polea se tiene un dígito y letra conteniendo cada uno su respectiva descripción.

a. Poleas Clásicas “QD” A-B-C-D.

**3B110 SK**

3 Número de ranuras

B Dimensión de correa

110 Diámetro de 11”

SK Buje

b. Poleas “QD” 3V-5V-8V.

**12-8V44.5**

12 Número de ranuras

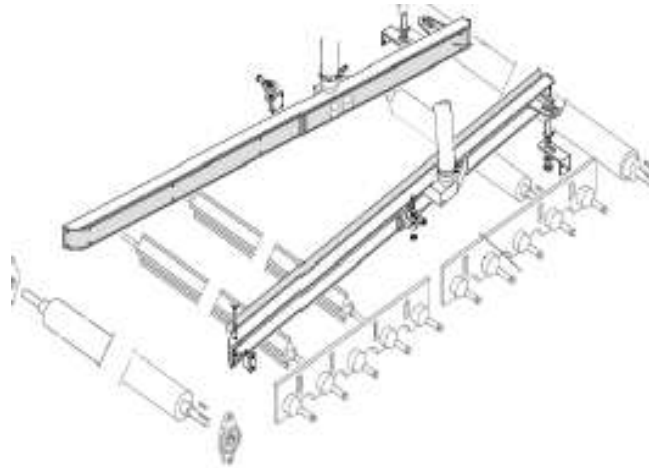
8V Dimensión correa

110 Diámetro externo (O.D.) 44.5”

P Buje

2. Tipos de rodos montados en el equipo. El tipo de rodos utilizados en la línea de producción de la paletizadora es de rodillos redondos de los cuales se encuentran distribuidos en la entrada del equipo paletizador.

FIGURA 11. Rodillos redondos



Fuente: SERVICE MANUAL. LITTON UHS, von Gal Palletizers. Montgomery, Al.36195.

## H. CADENAS

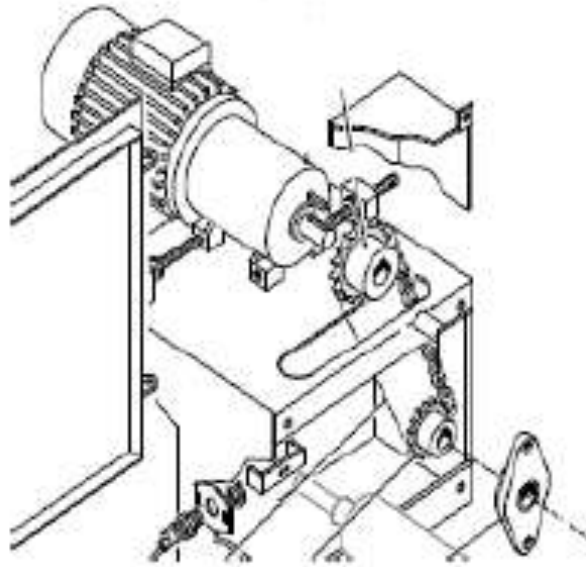
La cadena constituye el elemento principal de la transmisión y define la seguridad y duración del trabajo de la misma, se construyen de eslabones unidos articuladamente. Las características geométricas principales son el paso y el ancho, y por estas magnitudes se realiza la selección de la cadena. Como característica mecánica de la resistencia de la cadena se emplea la carga límite de rotura, la cual se determina prácticamente al realizar la construcción de cadenas.

Dentro de las transmisiones mecánicas con enlace flexible entre el elemento motriz y la maquina movida se encuentra la transmisión por cadena como una de las más utilizadas para transmitir potencia mecánica de forma eficiente, con sincronismo de velocidad angular entre los elementos vinculados y cuando existe demanda de grandes cargas en los accionamientos. Las cadenas en la línea son empleadas para mover las cargas al hacer girar los rodos en las maquinas transportadoras. En su fabricación se emplean eslabones de pasos largos, usualmente entre los 50 y 1000 mm. Este es el elemento principal que sirve para obtener el tipo de transmisión mecánica la cual define la seguridad, duración y capacidad de trabajo en la transmisión.

1. Cadenas de transmisión utilizadas en la paletizadora. La transmisión por cadena está compuesta de una rueda dentada motriz, una o varias ruedas dentadas conducidas y un tramo de cadena unido por ambos extremos que engrana sobre las ruedas dentadas. La flexibilidad de la transmisión es garantizada con la cadena, la cual consta de eslabones unidos por pasadores, que permiten asegurar la necesaria flexibilidad de la cadena durante el engrane con las ruedas dentadas.

En el caso más simple la transmisión por cadena consta de una cadena y dos ruedas dentadas, denominadas ruedas de estrella, ruedas dentadas o sprockets, una de las cuales es conductora y la otra conducida las utilizadas en la paleta sirven para mover las poleas de engranes, rodos, y otras que están distribuidas en los sprocket así como motorreductores que hacen girar los dispositivos en la línea.

FIGURA 12. Cadena de transmisión de potencia



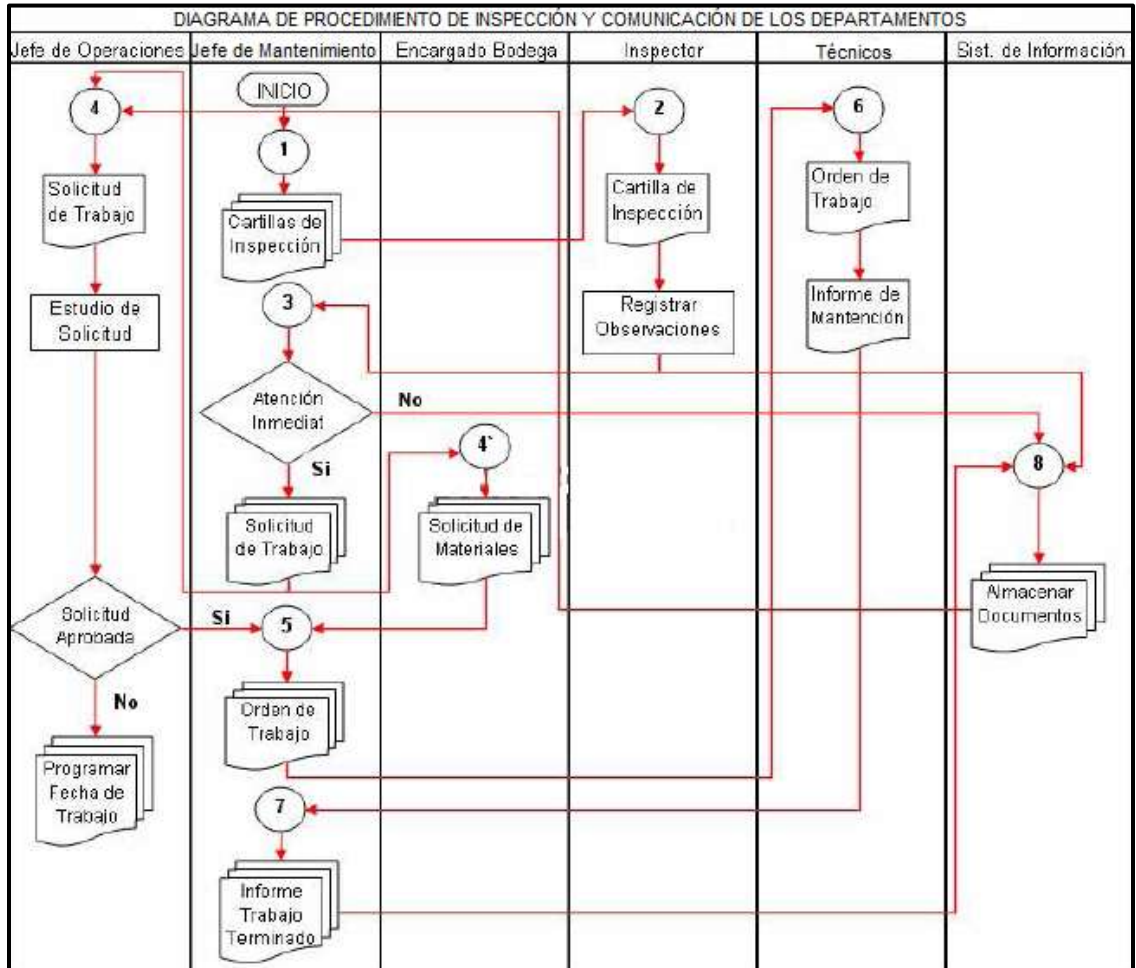
Fuente: SERVICE MANUAL. LITTON UHS, von Gal Palletizers. Montgomery, Al.36195.

## V. MARCO METODOLÓGICO

### A. POLÍTICAS Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN

1. Procedimiento de inspección y comunicación de los departamentos. El objetivo de este punto es establecer un procedimiento para el uso de las fichas o cartillas de inspección, que contienen las pautas a realizar por el inspector, ya sea mecánico o eléctrico, así como también el procedimiento del manejo de la información resultante. En el siguiente diagrama de flujo (Fig. 13), se muestra el procedimiento de las inspecciones y el manejo de la información entre los diferentes entes de la empresa.

FIGURA 13. Procedimiento de inspección y comunicación de los departamentos



Fuente: Elaboración propia, año 2014.

### a. Descripción del procedimiento

1) El jefe de mantenimiento, es el encargado de colocar en circulación las fichas o cartillas de inspección, de acuerdo al programa de mantenimiento. Estas fichas o cartillas deberán ser entregadas a un inspector técnico, el cual deberá tener un conocimiento acabado de los equipos de la planta.

2) El inspector técnico, deberá realizar la ruta descrita en la cartilla, tomando en cuenta las condiciones de seguridad. Es importante que el inspector anote todas las observaciones y/o mediciones descritas en las cartillas, ya que esto ayudará a tener un registro acabado del equipo en estudio. Luego de realizada la tarea el inspector avisará al jefe de mantención el termino de está y entregara las fichas o cartillas con sus observaciones y/o mediciones.

3) El jefe de mantenimiento, será el responsable de estimar si el equipo requiere una intervención inmediata, si es así este debe enviar una solicitud de trabajo al jefe de operaciones y al encargado de bodega, para que este último de acuerdo al problema suscitado realice una solicitud de materiales a ocupar en la intervención del equipo, enviando una copia de esta al jefe de mantención, si el equipo no requiere una intervención inmediata, el jefe de mantención deberá enviar al sistema de información el trabajo a realizar, para posteriormente fijar una fecha de mantención al equipo conjuntamente con el jefe de operaciones.

4) El jefe de operaciones, deberá estudiar la solicitud enviada por el jefe de mantenimiento y verificar si es factible la detención del equipo en ese momento, si la solicitud es aprobada por operaciones, deberá enviar la aprobación al jefe de mantención y realizar la gestión para la entrega del equipo, si no fuese factible la entrega del equipo, este deberá programar una fecha para realizar el trabajo solicitado por el jefe de mantenimiento bajo su responsabilidad dentro de un tiempo prudente.

5) El jefe de mantención, luego de recibir la solicitud aprobada, deberá realizar una orden de trabajo de acuerdo al trabajo a realizar, este debe enviar una copia a los mantenedores para que ejecuten el trabajo.

6) Los técnicos, deberán realizar la orden de trabajo de acuerdo a la pauta realizada por el jefe de mantenimiento, estos deberán tomar en cuenta las condiciones de seguridad y los procedimientos para realizar dicho trabajo.

Al término de la tarea, los técnicos deberán de realizar un informe, registrando las observaciones más relevantes del trabajo, como por ejemplo lo que se realizó, lo que quedó pendiente, el tiempo de demora y complicaciones que pudieron haber tenido al realizar la tarea, esto será beneficioso tanto para ellos como para el jefe de mantenimiento, ya que se podrán hacer mejoras en el tiempo y así aminorar los tiempos de reparación.

7) El jefe de mantenimiento, deberá hacer la gestión para la entrega del equipo al personal de operaciones, luego tendrá que revisar el informe entregado por los técnicos y analizar las posibles complicaciones que tuvieron, para realizar un mejoramiento a la pauta de mantención.

Finalmente debe enviar una copia del informe de trabajo con sus posibles mejoramientos al sistema de información, para que los otros estamentos tengan conocimiento de este.

Es importante concluir que estos dos departamentos (operación -mantención), deben trabajar unidos ya que depende uno del otro, así se podrá llevar a cabo un mejor mantenimiento y operación de los equipos de la planta.

**2. Responsabilidades en el sistema de información.** Un sistema de información (SI), debe estar bien estructurado, definiendo bien cuál es la responsabilidad de cada departamento y como pueden contribuir para mejorar el SI, por lo cual es importante crear una base de datos única que comprenda todas las informaciones necesarias para la planta, sin duplicación ni redundancia.

A continuación se detallara la información con la que debe aportar cada departamento para la creación del SI.

**a. Jefe de Planta:**

- Informe de presupuesto para mantención.
- Registro de cotizaciones.
- Registro de proveedores.

**b. Jefe de Mantenimiento:**

- Registro del personal de mantención, con sus capacidades.
- Registro de máquinas, motores e instalaciones de la planta.
- Registro de mantenciones (correctivas y planificadas) con sus respectivas H-H.
- Registro de órdenes de compra.
- Registro de los materiales y repuestos en bodega.

**c. Jefe de Operación:**

- Registro de Producción.
- Registro de Operación de equipos (calidad, rendimiento, disponibilidad, eficiencia total).

**d. Encargado de Bodega:**

- Registro de stock de materiales y repuestos críticos para cada equipo.
- Registro de ingreso de materiales y repuestos.
- Registro de egreso de materiales y repuestos.
- Registro de solicitudes de herramientas.

**e. Técnicos:**

- Informe de fallas de los equipos.
- Informes de reparaciones y mantenciones.
- Hojas de vida de los equipos.

**3. Responsabilidades.** Cada departamento tiene responsabilidades dentro de la planta, las cuales deben cumplir a cabalidad para lograr una mejor gestión de la mantención para la empresa. Responsabilidades de los estamentos:

**a. Del jefe de planta:**

- Dar a conocer los procedimientos de mantenimiento a todo el personal del área de mantenimiento.
- Instruir y capacitar al personal de mantención en los procedimientos de trabajo.
- Controlar y hacer cumplir las disposiciones presentes en el procedimiento.

b. Del jefe de mantenimiento:

- Deberá cumplir y controlar el cumplimiento del procedimiento.
- Deberá actualizar las fichas o cartillas de inspección, ante cualquier cambio en las condiciones de diseño en los equipos.
- Deberá actualizar constantemente el SI.

c. De los inspectores y técnicos:

- Deberán dar cumplimiento estricto tanto a las inspecciones, como a los instructivos de mantenimiento.
- Controlar y hacer cumplir las disposiciones de seguridad.

4. Modo y manejo de la información. El modo y manejo de la información se realizará mediante los equipos computacionales de la planta, ya que la empresa posee un software interno (AS400), con el cual se pueden procesar los pronósticos de mantenimiento, ordenes de trabajo, solicitud de repuestos, etc.

Para las solicitudes de trabajo, y todo lo que respecta a la comunicación entre los departamentos se realizarán mediante el correo interno de la empresa, la cual es una forma ágil y rápida de comunicación. Es importante destacar la importancia del SI, ya que ayudara a los planificadores del mantenimiento a obtener información detallada y concisa en base a los equipos de la planta, como por ejemplo hojas de vida de los equipos, instructivos de mantención, tareas realizadas diariamente, etc. por lo cual el SI debe ser actualizado constantemente.

## B. DISPONIBILIDAD PARA EL MANTENIMIENTO

La disponibilidad se puede expresar en horas o minutos. Representa la cantidad total de horas o minutos por semana, que se tienen para realizar las inspecciones. La disponibilidad se debe calcular por sección productiva y especialidad.

Tomar en cuenta los siguientes factores:

1. Tiempo de no producción (TNP). Se refiere a las horas o minutos por semana, que las máquinas están paradas, según sus horarios de trabajo. Se debe determinar por sección productiva. Para determinar este factor se debe estudiar el proceso productivo.

2. **Técnicos disponibles (TED).** Determinar si durante el TNP hay personal de mantenimiento. Si existe personal, estimando la cantidad de operarios por especialidad, quienes realizarán las inspecciones.

3. **Tiempo de no producción equivalente (TNPe).** Es un tiempo de no producción que depende del número de operarios asignados para trabajar en mantenimiento preventivo.

$$\text{TNPe} = \text{TNP} \times \text{TED}$$

4. **Cálculo de la disponibilidad para mantenimiento preventivo (DMP).** Cuando dentro del tiempo de no producción se realicen trabajos que correspondan a otros tipos de mantenimiento, por ejemplo, trabajos derivados de mantenimiento correctivo temporal o trabajos de mantenimiento programado, el cálculo de la disponibilidad debe considerar estos tiempos.

$$\text{DMP} = \text{TNPe} - \text{TOT}$$

TOT= tiempo para otros trabajos

Una vez calculada la DMP se elabora el programa anual y se determina que todas las inspecciones fueron programadas. Si existen inspecciones no programadas, estas se deben valorar y decidir si es necesario ejecutarlas o no.

El cálculo de la DMP será válido, siempre y cuando no se tengan inspecciones, cuya duración sea mayor al TNP.

## C. ACTUALIZAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO

Esta etapa pretende resaltar la importancia de dar un seguimiento detallado al plan de mantenimiento. La actualización indica la necesidad de que cada vez que se cumpla un ciclo de ejecución del plan, este se debe revisar, ajustar y mejorar antes de iniciar un nuevo ciclo.

## D. INSPECCIÓN DE PALETIZADORA

Es necesario que antes de poner en marcha la paletizadora controlar los siguientes aspectos:

1. Estado general de la paletizadora. Es decir, si ya ha sido detenida, si están interrumpidas las fuentes de electricidad o las de fluidos.

2. Seguridad de servicio. Inspeccionar si las condiciones para prestar el servicio son las necesarias para el mismo.

3. Disposición de servicio. Controlar que el personal que prestará el servicio es el adecuado, por capacitación, disponibilidad, herramienta, etc.

4. Documentación. Es la que presenta el record de servicios a la paletizadora, así como la que se debe llenar con las especificaciones requeridas.

## E. LUBRICACIÓN DE PALETIZADORA

En cualquier tipo de mantenimiento, la lubricación es de vital importancia, por lo que, el conocer los tipos de lubricantes adecuados para la maquinaria viene a ser un aspecto que debe ser tomado con seriedad porque permite la correcta elección del lubricante para la máquina que será intervenida.

1. Lubricante. Revisar cual tipo de lubricante se ha de utilizar.

2. Equipo para lubricar. Señala a detalle que equipo es el necesario para lubricar, en algunos casos se indica que la lubricación ha de realizarse a mano.

3. Cantidad. Indicar la cantidad de lubricante en la medida necesaria para cada una de las secciones de la máquina.

4. Frecuencia. Este término se refiere al tiempo que pasará entre una lubricación y otra, por ejemplo: Cada ocho días, diario, etc. Es importante que se anote la fecha en que realizan la lubricación de cada punto para que cuando se hagan cambios de turno el siguiente operador sepa si le toca o no la lubricación, y de esta forma se lleve un mejor control.

5. Estado de la máquina. Indicar como debe estar la máquina al momento de realizar la lubricación, si debe estar encendida o apagada, o se hace la observación que indica que la máquina debe usar el sistema paso a paso, lo cual debe hacerse con mucha precaución.

## F. LIMPIEZA DE PALETIZADORA

Debe hacerse de manera periódica después de la producción, como después del mantenimiento, y tiene como fin evitar la contaminación del producto así como la buena presentación de la maquinaria y la planta a nivel general.

## G. CONCLUSIONES RESPECTO AL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA

Se puede concluir lo siguiente:

- El mantenimiento aplicado por la institución pretende la reducción de paros continuos durante la producción.
- Solamente el personal designado puede realizar el mantenimiento
- Ante la ausencia del personal designado la maquinaria no recibe mantenimiento o se detiene la producción por más tiempo del necesario.

## VI. RESULTADOS

### A. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Lo que se busca con el mantenimiento de los equipos es que estos se mantengan funcionando bajo su capacidad óptima siempre y cuando tengan el control del operador para mejorar todos los procedimientos que estos requieran los cuales se llevan a cabo según la rutina de inspección de fallos que se tome de ellos para trabajarlos.

### B. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Obtener del equipo un máximo rendimiento y rentabilidad del mismo al menor costo posible por unidad de tiempo de operación. La organización e información de mantenimiento debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

1. Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
2. Disminución de los costos de mantenimiento.
3. Optimización de los recursos humanos.
4. Maximización de la vida de la máquina.
5. La determinación del número de horas de funcionamiento.
6. Calidad del producto.
7. Mínimo coste integral.
8. Máxima seguridad para el usuario y reparador.
9. Buen rendimiento energético.

FIGURA 14. Objetivos del mantenimiento



Fuente: Wireman, T. Desarrollo de indicadores de desempeño para Administración de Mantenimiento, 1998

## C. CLASES DE MANTENIMIENTO

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de las cuales tiene sus propias características como se describe a continuación.

1. **Mantenimiento correctivo.** Este mantenimiento está encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento en otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes.

- ✓ Identificar el problema y sus causas.
- ✓ Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- ✓ Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- ✓ Planear la reparación de acuerdo con el personal y equipo disponibles.
- ✓ Supervisar las actividades por desarrollar.
- ✓ Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuesta de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

2. **Mantenimiento predictivo.** Este procedimiento se define como un sistema permanente de diagnóstico, que permite detectar con anticipación, la posible pérdida de calidad de servicio que esté entregando un equipo. Esto nos da la oportunidad de hacer con la previsión necesaria cualquier clase de mantenimiento preventivo y si lo atendemos adecuadamente, nunca perderemos la calidad del servicio esperado, lo cual es el más fiable de los procedimientos de Mantenimiento.

3. **Mantenimiento preventivo.** Este es la segunda rama del mantenimiento y podemos definirlo como: la actividad humana desarrollada en los recursos físicos de una Empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicio que éstos proporcionan, continúe dentro de los límites establecidos. Este tipo de Mantenimiento siempre es programable y existen en el mundo muchos procedimientos para llevarlo a cabo.

## D. GENERALIDADES DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LLEVAR A CABO EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El plan de mantenimiento preventivo se realiza de acuerdo al plan de trabajo conforme a fechas programadas para la paletizadora con el fin de mantener las rutinas de mantenimiento durante un periodo estipulado anual, tomando en cuenta un día antes de la fecha programada la inspección total del estado actual de la paletizadora, la cual dicha información es obtenida por parte de los técnicos electricistas y/o mecánicos que realizan el mantenimiento para poder contar con las herramientas y materiales necesarios para poder llevar a cabo el mantenimiento preventivo. Se cuentan con distintas frecuencias para ejecutar el mantenimiento programado las cuales son las siguientes catorcenal: diaria, semanal, mensual. (*Anexos, Cuadros A.5 – A.7*)

Estas frecuencias se han determinado en base a las recomendaciones del fabricante con la ayuda de manuales, experiencia del personal operativo, tiempo de operación de la maquinaria y a las condiciones ambientales a las que opera el equipo.

## E. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO AL REALIZAR MANTENIMIENTO

1. Plan de mantenimiento. Para el plan de mantenimiento se realizan actividades las cuales se llevan a cabo dentro del área (paletizadora) como lo son: la coordinación del personal que hará el trabajo así como los métodos necesarios para resolver los problemas de los equipos con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

La paletizadora después de cierto período de tiempo de estar en funcionamiento en la línea de producción presenta desgaste en sus equipos por lo tanto el área necesita de la toma de datos necesarios de los equipos dañados para realizarles mantenimiento, llevando a cabo rutinas de inspección de la paletizadora por parte de un mecánico y/o electricista del área. De los datos obtenidos se llenan órdenes de trabajo las cuales son elaboradas por un planificador y son distribuidas por el supervisor del área hacia todos los operarios y mecánicos que realizan el mantenimiento de la paletizadora. La programación en un departamento de mantenimiento es vital para el desarrollo de la labor que se ejecuta, puesto que en base a ella realiza la ejecución del programa de mantenimiento y dependiendo de si la labor del programador es eficiente o no, así serán los resultados obtenidos con este programa.

Por lo tanto para realizar un trabajo es necesario tener orden de trabajo, o aviso de trabajo, así con cada orden puede organizar el planificador y supervisor del área los días de mantenimiento y la distribución necesaria de las personas dispuestas para tal fecha basándose en el plan anual de mantenimiento para elaborar la tarea.

**2. Órdenes de trabajo.** Una orden es una petición escrita de servicio para cumplir por el departamento de mantenimiento la cual establece, tanto para mantenimiento como para la dirección, la información que señala la realización de un trabajo. (*Anexos, Cuadro A.13*)

Proporciona los datos sobre los cuales se preparan las demandas de material, se entregan instrucciones de trabajo individual y se hacen asignaciones de tareas al personal y al equipo. Debido a que todo el trabajo de mantenimiento, excepto las operaciones de rutina, deben programarse. Es deseable poner todas las órdenes por escrito prescindiendo del volumen de la tarea. Esto permitirá una planificación y programación apropiada y servirá para determinar el trabajo de mantenimiento pendiente. Se emplean numerosos tipos de órdenes de trabajo y de servicio. Algunas son pequeñas, únicamente con unas pocas líneas para una breve descripción de trabajo, situación, prioridad, tiempo asignado, tiempo empleado, etc.

Después de ejecutadas las labores de mantenimiento por cada mecánico y/o electricista, se procede a la presentación del informe para el cierre de la orden de trabajo. Este documento debe contener los informes que sirvan al departamento de mantenimiento en sus actividades de control.

**3. Programación de actividades de mantenimiento.** Para dar mantenimiento a la paletizadora de la línea de producción se tiene un plan mensual de mantenimiento el cual se cumple según el día que le corresponda mantenimiento a uno de los equipos de la paletizadora. El plan diario contiene información sobre los técnicos que llevarán a cabo las tareas para cada uno de los equipos de la paletizadora.

## F. ESTRUCTURA DEL PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. **Planeación.** Consiste básicamente en elegir y fijar las misiones y objetivos de la organización. Determinando las políticas, proyectos, programas, procedimientos, métodos, presupuestos, normas y estrategias, necesarios para alcanzarlos.

2. **Organización.** Consiste en determinar qué tareas de mantenimiento hay que hacer, quién las hace, y cómo se agruparán para llevar a cabo dichas tareas de mantenimiento.

3. **Dirección.** Es el hecho de influir en los individuos para que contribuyan a favor del cumplimiento de las metas organizacionales y grupales, por lo tanto, tiene que ver fundamentalmente con el aspecto interpersonal de la administración.

4. **Control.** Consiste en medir y corregir el desempeño individual y organizacional para garantizar que los hechos se apeguen a los planes. Implica la medición del desempeño con base en metas y planes la detección de desviaciones respecto de las normas y la contribución a la corrección de estas.

## G. MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LA PALETIZADORA

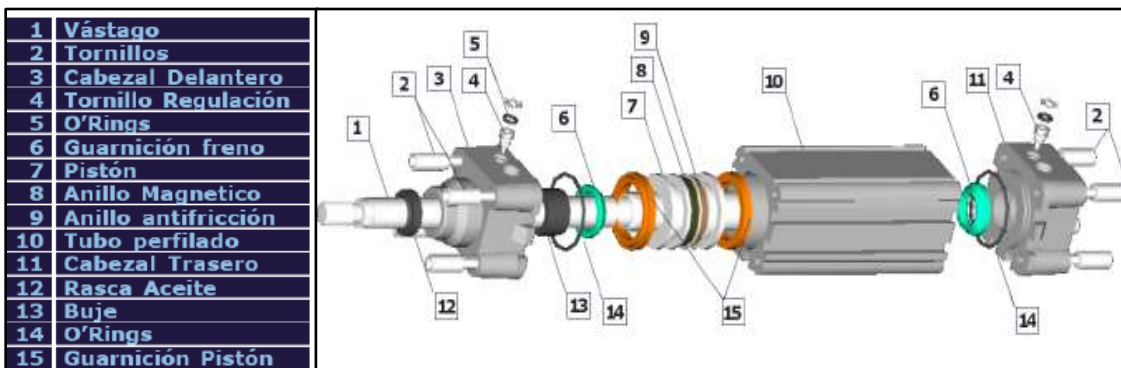
La máquina paletizadora de la línea de producción originalmente dentro de su diseño presentaba un mecanismo de motor eléctrico con freno acoplado a sistema de tornillo con cojinete axial de desplazamiento lineal, el cual permitía un movimiento longitudinal a la transferencia formadora de camadas de producto. Este mecanismo presentaba fallas muy constantes; provocando así continuos paros de producción.

Por eso se consideró la opción de sustituir dicho mecanismo antes mencionado por un cilindro neumático de doble efecto, con esto se logró incrementar la eficiencia de la paletizadora de 6 Paletes/hora a 7 Paletes/hora (cada paleta contiene 2400 unidades). Por consiguiente también aumenta la productividad en la línea de producción, siempre y cuando ninguna otra máquina de la línea presente por lo menos una falla significativa en la producción.

1. Implementación de cilindro neumático de doble efecto. Para la implementación del cilindro neumático se consideró el espacio disponible para determinar las dimensiones y características del nuevo equipo a instalar. Por tal razón se determinó que las características principales que debe poseer el cilindro neumático son:

- a. Diámetro de émbolo: 100 mm.
- b. Carrera de desplazamiento: 1500 mm.
- c. Rango de presión de trabajo: 1 Bar a 9 Bar.

FIGURA 15. Cilindro neumático de doble efecto



Fuente: Mora, Luis y Plata, German. "Gestión de Mantenimiento Orientado por la Tecnología", 2009.

## 2. Diagrama de Pareto del comportamiento de los cilindros neumáticos.

Se observaron otros modelos de paletizadoras ubicadas en otras líneas de producción; y se analizó el comportamiento de los problemas que presentan los cilindros neumáticos y su frecuencia de ocurrencia durante seis meses. Se encontraron los siguientes hallazgos:

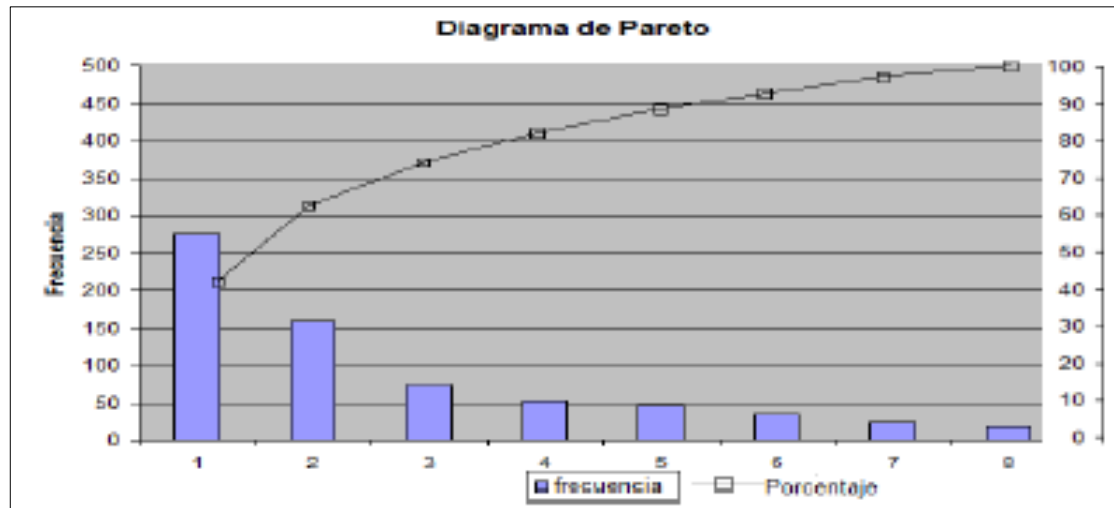
Causa del problema	Frecuencia
Desgaste en el vástago del cilindro	159
Desgaste de sellos o guarniciones	276
Daño en el tipo de fijación	46
Demora en localizar el cilindro que presenta problema	53
Demora en el cambio de un cilindro	34
Fugas en rajaduras que se presentan en las mangueras	73
Demora en localizar el tipo de cilindro que se necesita reemplazar	24
Demora por puesta en marcha	18

CUADRO 4. Tabulación de frecuencia de fallas

FALLA	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Desgaste de sellos o guarniciones	276	40.41	40.41
Desgaste en el vástago del cilindro	159	23.28	63.69
Fugas en rajaduras que se presentan en las mangueras	73	10.69	74.38
Demora en localizar el cilindro que presenta problema	53	7.76	82.14
Daño en el tipo de fijación	46	6.73	88.87
Demora en el cambio de un cilindro	34	4.98	93.85
Demora en localizar el tipo de cilindro que se necesita reemplazar	24	3.51	97.36
Demora por puesta en marcha	18	2.64	100

Fuente: Elaboración propia, año 2014.

FIGURA 16. Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia, año 2014.

Como se puede observar los defectos más frecuentes a presentarse son los desgastes que presentan los sellos o guarniciones seguido con el vástago del cilindro y esto se debe a la posición en que están colocados dentro de la línea expuestos a residuos de insumos (cartón o plástico) o suciedad en el ambiente. Por lo tanto es recomendable que al iniciar el proceso de paletizado, se pueda sopletear el equipo en toda la parte exterior donde va ensamblada la guarnición para que el desgaste que se presente no sea pronto y la duración del equipo en operación sea más eficiente.

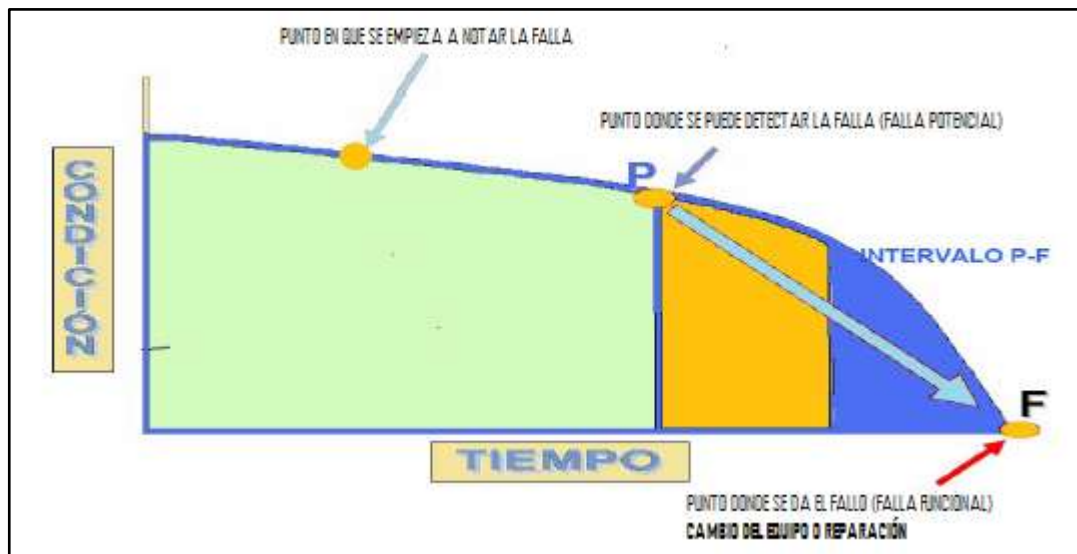
Para alargar la vida útil del equipo se sugirió la compra de un par de kit de reparación para el cilindro neumático, estableciendo un mantenimiento preventivo trimestral del equipo.

## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### A. ESTUDIO DE TIEMPOS DE LA VIDA DE UN CILINDRO SEGÚN LAS REPARACIONES QUE SE LE REALICEN

El estudio de tiempos que se realiza está relacionado al tiempo en que un cilindro se encuentra en operación dentro de la paletizadora y la condición en el cual se encuentra; así mismo se analiza si es posible poder pasar al proceso de reparación para realizarle el cambio de las piezas dañadas.

FIGURA 17. Curva del estado de un equipo



Fuente: Mora, Luis y Plata, German. "Gestión de Mantenimiento Orientado por la Tecnología", 2009.

El tiempo de vida que tarda un cilindro nuevo en la paletizadora es de 1200 horas después de ese periodo de tiempo el mismo empieza a presentar desgaste en sus sellos o guarniciones por lo cual empieza a darse fugas de aire y empieza por lo mismo a bajar su rendimiento como equipo nuevo. Es por eso que se lleva a cabo la reparación de los mismos al presentarse ese problema de fuga de aire. De tal manera que se desarman y arman por completo y se les cambia las piezas que presentan desgaste realizándolo en un periodo de tiempo de 5 a 6 horas. Con lo que se tiene que tener material disponible al día para cubrir todos los problemas que puedan surgir al estar funcionando la línea de producción.

1. Tiempo promedio entre fallas (MTBF). Este indicador nos permite dar el tiempo promedio durante el proceso de operación del equipo entre una falla y otra lo cual permite una evaluación de los equipos y así evitar las fallas que se puedan dar.

$$MTBF = \frac{\text{TIEMPO DE MARCHA}}{\text{NUMERO DE FALLAS} + 1}$$

2. Tiempo promedio entre fallas por la misma causa (MTBCF). Este indicador nos da el tiempo promedio que un equipo se mantiene trabajando entre fallas por la misma causa, lo cual se puede ver de una forma más clara la causa que nos está dando paros repetitivos.

$$MTBCF = \frac{\text{TIEMPO DE MARCHA}}{\text{NUMERO DE FALLAS IDENTICAS} + 1}$$

3. Tiempo promedio para reparar (MTTR). Este indicador mide el tiempo promedio que se tarda el personal de mantenimiento para reparar o corregir cualquier falla que sufra un equipo con el objetivo de reducir el tiempo de paro y mejorar la disponibilidad de los equipos.

$$MTTR = \frac{\text{SUMA DEL TIEMPO DE REPARACIÓN DE FALLAS}}{\text{NUMERO DE FALLAS}}$$

4. Disponibilidad (%). Este indicador nos da el porcentaje del tiempo en el que un equipo está en condiciones de operar es decir las 24 horas del día cuanto tiempo está disponible la maquinaria para producir.

$$\text{DISPONIBILIDAD NETA (\%)} = \frac{\text{TIEMPO DISPONIBLE} - \text{TIEMPO DE PARO CAUSA EXTERNA}}{\text{TIEMPO REAL DE MARCHA EN HORAS}} * 100$$

## B. ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS EQUIPOS EN MANTENIMIENTO

Desde el punto de vista de la administración del mantenimiento, uno de los factores más importantes es el costo. Según su naturaleza podemos clasificar el análisis con los orígenes del costo de mantenimiento.

### 1. Realización de intervenciones.

- Presentándose desgaste de piezas.
- Piezas con errores de construcción.
- Esfuerzos superiores en piezas debido a cambios de condiciones de operación.
- Esfuerzos repetitivos de fatiga.

### 2. Defectos en la calidad del mantenimiento.

- Mantenimiento preventivo normal definido.
- Mantenimiento preventivo normal ejecutado.
- Mantenimiento correctivo mal ejecutado.

### 3. Costos de operación y mantenimiento de la paletizadora.

CUADRO 5. Costos de operación y mantenimiento

CONCEPTOS	COSTOS EN QUETZALES (Q.)	
	MENSUAL	ANUAL
Personal de operación	2700.00	*40500.00
Personal de mantenimiento	5000.00	*75000.00
Energía (2Kwh)	374.40	4492.80
Lubricantes	1000.00	12000.00
Otros insumos	800.00	9600.00
<b>Total</b>	<b>9974.40</b>	<b>141592.80</b>

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por departamento de planeación y control, año 2014.

(\*) El costo anual de personal de operación y mantenimiento está multiplicado por 15 salarios.

### 4. Cotización de equipos y componentes para la modificación del diseño de la paletizadora.

CUADRO 6. Cotización de equipos y componentes

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO / UNIDAD (Q.)	PRECIO TOTAL (Q.)
1	CILINDRO CUADRADO DOBLE EFECTO 100*1500	4500.00	4500.00
2	KIT PARA CILINDRO CUADRADO DE 100MM	805.48	1610.96
2	VALVULA DE ESCAPE RAPIDO ROSCA ½"	200.00	400.00
<b>Total</b>			<b>6510.96</b>

Fuente: Cotización Inmaprisa (Anexo; Cuadro A. 14).

## 5. Costo total del plan de mantenimiento.

CUADRO 7. Costo total del plan de mantenimiento

No.	DESCRIPCIÓN DEL COSTO	MONTO (Q.)	(%)
<b>1</b>	<b>PREINVERSIÓN</b>	<b>6510.96</b>	<b>5 %</b>
	1.2 Equipos y componentes para modificación del diseño	6510.96	5 %
<b>2</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>141592.80</b>	<b>95 %</b>
	<b>2.1 Costos Directos</b>	<b>137100.00</b>	<b>92 %</b>
	Mano de Obra	115500.00	78 %
	Lubricantes	12000.00	8 %
	Otros insumos	9600.00	6 %
	<b>2.2 Costos Indirectos</b>	<b>4492.80</b>	<b>3 %</b>
<b>Total (1+2)</b>		<b>148103.76</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia, año 2014.

## 6. Análisis de rentabilidad.

CUADRO 8. Estado financiero de la línea de producción año 2014.

<b>INGRESOS</b>	<b>100 %</b>
(-) PREINVERSIÓN	0.0065 %
(-) COSTOS DE OPERACIÓN	0.1416 %
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>99.8519 %</b>
(-) DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO	9.9852 %
<b>GANANCIAS ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>89.8667 %</b>
(-) IMPUESTO ISR (31%)	27.8587%
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>62 %</b>

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por departamento de planeación y control, año 2014.

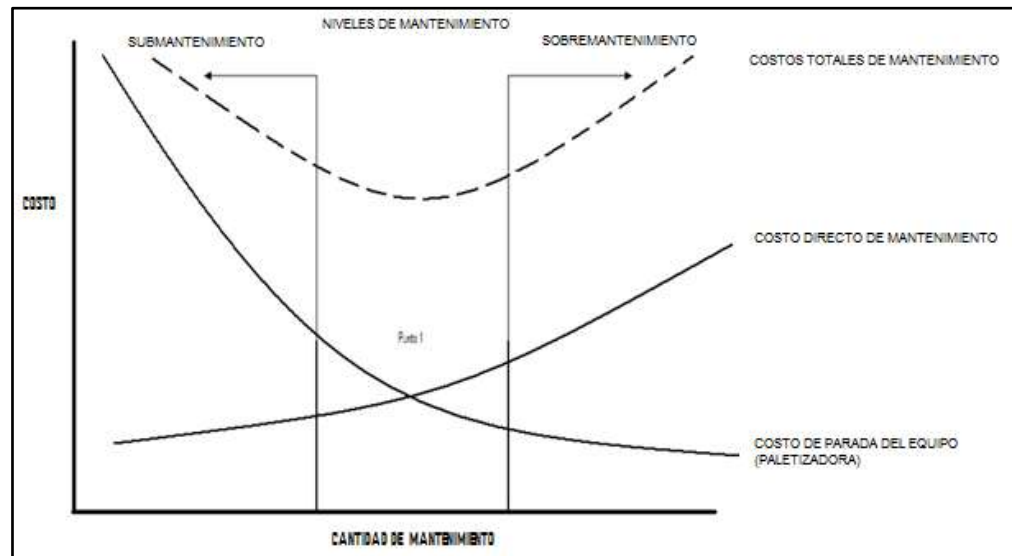
Al realizar el mantenimiento; el costo representa el total de lo gastado en materiales, mano de obra y todos aquellos gastos varios que de alguna forma sirvieron para llevar a cabo el mantenimiento en la maquinaria del área. Como se puede observar en el Cuadro 8 para el año 2014 la empresa tendrá una utilidad neta porcentual de 62 % en una de sus líneas de producción, la cual es muy atractiva considerando que el retorno de inversión es bastante corto.

La implementación del sistema de mantenimiento y la modificación del diseño en la paletizadora, contribuyó para mejorar la eficiencia de 600cj./h. a 700cj./h.; es decir, un aumento de 17% en la línea de producción de la paletizadora, siempre y cuando no haya ninguna falla significativa en alguno de los equipos ajenos a la paletizadora que formen parte de la línea de producción.

### C. NIVEL ÓPTIMO PARA EL FUNCIONAMIENTO ECONÓMICO DE LA PALETIZADORA.

Si para una paletizadora dada, los costos totales de mantenimiento están a la izquierda del punto mínimo de la gráfica de costos totales, se puede decir que el mantenimiento es insuficiente (submantenimiento) y si están a la derecha, el mantenimiento es exagerado (sobremantenimiento). Esto se nota mirando la FIGURA 18 y observando qué tan significativa es la incidencia de los costos de mantenimiento en la suma final. Para efectos prácticos se supone que el costo mínimo total de mantenimiento coincide con el punto 1 de corte de las dos curvas de costos.

FIGURA 18. Niveles de mantenimiento



Fuente: Niebel, B. y Freivalds, A. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, 2009.

1. **Costo de parada del equipo.** Al hallarse una máquina o equipo en estado improductivo se incurrirá en unos costos debido a la tarifa horaria que tenga la máquina. En ocasiones la obsolescencia de equipos hace imposible conseguir repuestos y es necesario practicar modificaciones a la maquina; esto puede ocasionar que la maquina disminuya su capacidad productiva presentándose así una pérdida del costo por falla.

Debido a que algunos costos se basan en el tiempo de duración de una tarea de mantenimiento y en la estimación del costo actual de un repuesto, es muy difícil dar valores exactos, deben cuestionarse permanentemente los costos del departamento de mantenimiento, sin descuidar los costos que por una buena o deficiente atención, se estén generando en el sector de producción. Puede darse el caso de que con unas buenas estadísticas sobre estos aspectos, se logren inversiones en equipos o aumento de personal para el mantenimiento de aquellos equipos que presenten un costo en la parada del equipo por encima de lo presupuestado.

**2. Selección del mejor costo en la compra de los equipos.** Para poder llevar a cabo la selección del mejor costo se debe analizar el precio del equipo según las opciones que se tengan de poder seleccionar el mismo producto con diferentes proveedores, ya que para poder llevar a cabo la compra del repuesto este debe satisfacer todas las necesidades que se quieran cubrir al elaborarse el mantenimiento de la paletizadora, tomando en cuenta la calidad de material y garantía del mismo, teniendo siempre presente el análisis del nivel de mantenimiento que existe.

Cuando se analizan las pérdidas que se producen en toda la cadena de la gestión de mantenimiento, sin lugar a dudas un gran porcentaje de ellas se debe a una pobre gestión de repuestos. La problemática se puede traducir en dos variables, claramente identificables para cada uno de los repuestos que se deben comprar, una de ellas es: que cantidad se debe solicitar por cada pedido de compra (CUANTO) y la otra en que momento se debe de realizar el pedido de compra (CUANDO). Si estas variables no se manejan eficientemente puede ocurrir un aumento de los Costos Totales de Gestión y/o la faltante de repuestos en el momento en que se necesita (Ruptura del Stock).

Es indudable que una de las preocupaciones del departamento de mantenimiento será dimensionar adecuadamente su stock de repuesto, seleccionando con cuidado lo que desea tener a su disposición inmediata.

Al seleccionar el repuesto que se debe mantener en stock, nos encontramos con un conflicto de intereses: Desde el punto de vista técnico, cuantas más piezas de repuesto se tengan en el almacén más se asegura la disponibilidad de los equipos. Desde el punto de vista económico, cuantas menos piezas haya almacenadas, menor capital inmovilizado se tendrá. Por ello, es importante tener como objetivo asegurar la disponibilidad de los equipos con el mínimo capital inmovilizado posible.

## D. MONITOREO DEL PLAN

1. **Entrevistas.** Dentro del área de mantenimiento la entrevista se utiliza como medio para llevar el control del comportamiento que han tenido los equipos durante el proceso de producción dichos datos son obtenidos por los mecánicos encargados de realizar el mantenimiento. La entrevista está formada por preguntas relacionadas al mantenimiento como ejemplo de algunas de estas ¿Cuántos componentes presentan desgaste?, ¿Cuánto tiempo calcula que dure el desgaste que presentan los componentes del equipo?, ¿Cuántos componentes se cambiaron?, ¿Número de técnicos que realizaron el cambio del equipo?, ¿Al realizar el cambio del equipo se realizó la prueba del mismo?. (*Anexos; Cuadro A.11*)

Con base a las entrevistas se obtienen mejores datos de cuántos posibles equipos se deben comprar para tenerlos en almacén al momento de quererlos cambiar, y cuantos se deben reparar; evitando con esto paros consecutivos de la línea al momento de estar en producción.

2. **Visitas.** Las visitas son recorridos que se realizan en planta para ver si se bloquearon los equipos donde se va realizar mantenimiento, verificar si se está cumpliendo con las entrevistas, operaciones establecidas y revisar si el plan de orden de trabajo que le corresponde a cada mecánico lo logra cubrir y terminar durante la jornada de trabajo, de lo contrario modificar ordenes de trabajo para cambiar la cantidad de operarios de un lugar a otro en apoyo al mecánico que necesita más personal para poder cumplir con la orden de trabajo. Se realiza por parte del jefe de mantenimiento cada vez que corresponden mantenimientos en la paletizadora para mantener el control de los equipos que se están trabajando y al finalizar la tarea de mantenimiento verificar que cada reparación que se le hizo al equipo esté terminada y lista para poder darle prueba de arranque desde control central. (*Anexos; Cuadro A.12*)

3. **Formularios.** Dentro de los formularios que llenan los mecánicos junto con los electricistas encargados de llevar a cabo el mantenimiento está la orden de trabajo que se realizó y el reporte final de verificación de temperatura de poleas del equipo, lo cual beneficia a todo el mantenimiento que se le realiza a la paletizadora. (*Anexos; Cuadros A.8 - A.10, Cuadro A.13*)

## E. ANÁLISIS DE LA CALIDAD TOTAL EN LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO

Cada proceso se encuentra bajo control de calidad al momento de cumplir el técnico (mecánico o electricista) con la norma ISO 9001 lo cual trata de mantener los equipos en condiciones adecuadas (especialmente los críticos) y evitar las fallas de los mismos, cumplir con los planes que se tengan, y cumplir con la política de calidad. El técnico de mantenimiento tiene que saber que el trabajo que está realizando es para poder cubrir una necesidad la de reparar y dejar en mejores condiciones el equipo; por tal motivo entre las actividades que conforman una parte importante del trabajo es necesario la capacitación del técnico, el cumplimiento de las normas de calidad, la obtención de nuevos métodos y procedimientos.

La política de calidad, busca el mejoramiento continuo del producto y procesos apoyándose en:

- Un sistema de administración de calidad (SAC) según la norma ISO 9001.
- Personal competente con capacitación y desarrollo constante.
- Un sistema de gestión de mantenimiento.
- La optimización de recursos y procesos.

Los sistemas de calidad total son las estructuras funcionales de los trabajos acordados en la empresa, documentada con procedimientos integrados técnicos y administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la empresa de mejores formas y más prácticas para asegurar la satisfacción del cliente.

La construcción del sistema de administración de la calidad ha sido producto de la evolución de la calidad. Por tal razón la actitud basada en la prevención, radica en el análisis de los costos de calidad y de no calidad que pone de manifiesto la rentabilidad de invertir en la prevención, frente al costo del defecto. Por tanto es conveniente que el mayor grado de esfuerzo para la mejora de la calidad se coloque en las etapas más tempranas de diseño del producto, desarrollo del producto y mantenimiento del equipo para el proceso de la fabricación del producto. El lema que inspira el enfoque puede ser introducir la calidad tanto en el diseño del producto como en el mantenimiento del proceso.

Con la calidad en el mantenimiento los equipos logran cubrir todas las demandas de producción que se quieran realizar en la paletizadora, cumpliendo así con el objetivo principal de cubrir y satisfacer la necesidad del cliente respondiendo estas de forma eficiente.

---

## VIII. CONCLUSIONES

- A. Se implementó un sistema de inspección de mantenimiento técnico y se realizó una modificación en cuanto al diseño de la paletizadora, que contribuyó para aumentar un 17% la eficiencia en la línea de producción de la paletizadora, siempre y cuando no haya ninguna falla significativa en alguno de los equipos ajenos a la paletizadora que formen parte de la línea de producción. Además se obtuvo el beneficio de descubrir las fallas mediante una forma deductiva, pero esto no fue fácil debido a que los encargados del mantenimiento no están habituados a estas acciones, por lo cual hubo que instruir e incentivar al personal de mantenimiento para crear conciencia sobre la importancia de poder anticiparse a una falla, llevando un control acabado del estado del equipo mediante instructivos y fichas de inspección.
  
- B. Se determinó que para los técnicos mecánicos y electricistas, encargados de realizar mantenimiento en la paletizadora de la línea de producción; cada detalle de los equipos neumáticos, eléctricos y mecánicos les es de bastante ayuda y apoyo. A raíz de esto se aplicaron técnicas de monitoreo en el mantenimiento tales como entrevistas técnicas y check-list de recorrido al personal operativo de la máquina en la línea de producción, con el fin de tener mayor conocimiento del estado en el que se encuentra la paletizadora.
  
- C. Se elaboraron instructivos de mantenimiento para los componentes críticos de la paletizadora, mediante una revisión detallada sobre las posibles causas, fallas o defectos que pueden presentar cada uno de los componentes de la máquina. Por tal razón se procedió a dejar así los instructivos de mantenimiento para estos dispositivos, contabilizando un total de seis instructivos y un check-list. En cuanto a las inspecciones, se hicieron tres fichas de inspección genéricas para la paletizadora, de las cuales todas abarcan actividades mecánicas y eléctricas con sus respectivas frecuencias de inspección.
  
- D. En el ámbito del sistema de información (SI), se logró detallar los procedimientos de inspección y las responsabilidades que le competen a cada departamento mediante un diagrama de flujo (FIGURA. 13), que muestra el procedimiento de las inspecciones y el manejo de la información entre los diferentes entes de la empresa de forma detallada y confiable.

---

## IX. RECOMENDACIONES

- A. Trabajar siempre bajo las normas de seguridad al llevar a cabo el mantenimiento dentro de la línea paletizadora, para evitar lesiones o accidentes graves dentro del área de desarme del equipo.
  
- B. Mantener el trabajo en equipo para que el mecánico o electricista encargado de un grupo pueda desarmar un equipo, los ayudantes se den cuenta del número de piezas que éste utiliza, qué herramientas son necesarias para desarmar el mismo, cuántas personas se necesitan en el desarmado del equipo; para que al darse un próximo mantenimiento ellos puedan resolver el problema solos bajo una supervisión técnica.
  
- C. Es recomendable realizar mantenimiento preventivo para mantener un plan operacional en función de los ciclos de vida media de todos los equipos y sus componentes, tomando en cuenta el estándar de los fabricantes, y otros factores descritos en los manuales de uso; con fines de mantener menos operaciones defectuosas.

---

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Chase, R.; Jacobs, R. y Aquilano, N. 2009. *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. 12ª ed. México: Mc Graw – Hill.
- Crespo Márquez, A.; Moreu de León, P. y Sánchez Herguedas, A. 2004. *Ingeniería de mantenimiento*. Técnicas y métodos de aplicación en la fase operativa de los equipos. Madrid: AENOR.
- DODGE GERING ENGINEERING CATALOG 2004, DMR-1205-3. Rockwell Automation.
- Monchy, Francois. 1990. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. Masson. Barcelona, España.
- Mora, Luis y Plata, German. 2001. “*Gestión de Mantenimiento Orientado por la Tecnología*”. Coldi, 1era. Edición. Medellín, Colombia.
- Niebel, B. y Freivalds, A. 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12ª ed. México: Mc Graw – Hill.
- SERVICE MANUAL. LITTON UHS, von Gal Palletizers. Serial No. 10,015. Montgomery, AI.36195.
- SKF. Catálogo General 2003. (Italia: Stamperia Aristica Nazionale).
- Villanueva, Dounce; López de León, Enrique y Pérez, Dounce. 2000. *Productividad en el mantenimiento industrial*. Compañía Editorial Continental. México.
- Wireman, T. 1998. *Desarrollo de indicadores de desempeño para Administración de Mantenimiento*. Rojas Eberhard Editores Ltda. Colombia.

# XI. ANEXOS

CUADRO A.1. Análisis de causa y defectos de falla en motores eléctricos

DEFECTO	POSIBLES CAUSAS
1. Motor no consigue arrancar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de tensión en los bornes del motor.</li> <li>▪ Baja tensión de alimentación.</li> <li>▪ Conexión equivocada.</li> <li>▪ Numeración de los cables cambiada.</li> <li>▪ Carga excesiva.</li> <li>▪ Platinera abierta</li> <li>▪ Bobina auxiliar interrumpida.</li> </ul>
2. Bajo par de arranque	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conexión interna equivocada.</li> <li>▪ Rotor descentralizado.</li> <li>▪ Rotor dañado.</li> <li>▪ Tensión debajo de la nominal.</li> <li>▪ Frecuencia debajo de la nominal.</li> <li>▪ Frecuencia arriba de la nominal.</li> <li>▪ Capacitancia debajo de la especificada.</li> </ul>
3. Par máximo bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rotor dañado.</li> <li>▪ Rotor con inclinación de barras arriba de lo especificado.</li> <li>▪ Rotor descentralizado.</li> <li>▪ Tensión debajo de la nominal.</li> <li>▪ Capacitor permanente debajo de lo especificado.</li> </ul>
4. Corriente en vacío alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tensión arriba del especificado.</li> <li>▪ Frecuencia abajo del especificado.</li> <li>▪ Conexión interna equivocada.</li> <li>▪ Rotor descentralizado.</li> <li>▪ Rodamiento con defecto.</li> <li>▪ Tapas con mucha presión o mal encajadas.</li> <li>▪ Chapas magnéticas sin tratamiento.</li> <li>▪ Capacitor permanente fuera de lo especificado.</li> <li>▪ Platinera no abren.</li> </ul>
5. Corriente alta en carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tensión fuera de lo nominal.</li> <li>▪ Sobrecarga.</li> <li>▪ Frecuencia fuera de lo nominal.</li> <li>▪ Correas muy estiradas.</li> <li>▪ Rotor arrastrando en el estator.</li> </ul>
6. Resistencia de aislamiento baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aislante de ranuras dañadas.</li> <li>▪ Cables cortados.</li> <li>▪ Cabeza de bobina rozando en la carcasa.</li> <li>▪ Presencia de humedad o agentes químicos.</li> <li>▪ Presencia de polvo sobre el bobinado.</li> </ul>
7. Calentamiento de los rodamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demasiada grasa.</li> <li>▪ Excesivo esfuerzo axial o radial de las correas.</li> <li>▪ Eje torcido.</li> <li>▪ Tapas flojas o descentralizadas.</li> <li>▪ Falta de grasa.</li> <li>▪ Materia extraña en la grasa.</li> </ul>
8. Sobrecalentamiento del motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventilación obstruida.</li> <li>▪ Tensión o frecuencia fuera de lo especificado.</li> <li>▪ Rotor dañado.</li> <li>▪ Estator sin impregnación.</li> <li>▪ Sobrecarga.</li> <li>▪ Rodamiento con defecto.</li> <li>▪ Arranques consecutivos.</li> <li>▪ Capacitor permanente inadecuado.</li> <li>▪ Conexiones equivocadas.</li> </ul>
9. Alto nivel de ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desbalanceo.</li> <li>▪ Eje torcido.</li> <li>▪ Alineación incorrecta.</li> <li>▪ Rotor fuera de centro.</li> <li>▪ Conexiones equivocadas.</li> <li>▪ Cuerpos extraños en el entrehierro.</li> <li>▪ Objetos detenidos entre el ventilador y tapa deflector.</li> <li>▪ Rodamientos gastados.</li> <li>▪ Aerodinámica inadecuada.</li> </ul>
10. Vibración excesiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rotor fuera de centro.</li> <li>▪ Desbalanceo en la tensión de la red.</li> <li>▪ Rotor dañado.</li> <li>▪ Conexiones equivocadas.</li> <li>▪ Rotor desbalanceado.</li> <li>▪ Descansos con holgura.</li> <li>▪ Eje torcido.</li> </ul>

CUADRO A.2. Análisis de causas y defectos de falla en reductores de ejes paralelos

DEFECTO	CAUSA	CORRECCIÓN
1. <b>Aumento en la temperatura de funcionamiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nivel de aceite bajo de lo normal.</li> <li>▪ Pérdidas de las propiedades.</li> <li>▪ Nivel de aceite sobre lo normal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar lubricante.</li> <li>▪ Normalizar el nivel de aceite.</li> </ul>
2. <b>Cambio repentino y/o notorio en el nivel de ruido.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nivel de aceite bajo lo normal.</li> <li>▪ Deterioro de partes internas.</li> <li>▪ Sobrecargas.</li> <li>▪ Desalineamiento de componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Normalizar el nivel de aceite.</li> <li>▪ Revisar reductor, reemplazar o reparar partes dañadas.</li> <li>▪ Alinear.</li> </ul>
3. <b>Escape de lubricante.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por sellos.</li> <li>▪ Por grietas y fisuras.</li> <li>▪ Por juntas y empaquetaduras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar sellos.</li> <li>▪ Cambiar juntas.</li> <li>▪ Reparar cualquier fisura o grieta existente en el equipo.</li> <li>▪ Apretar los pernos.</li> <li>▪ Agregar sellantes.</li> </ul>
4. <b>Vibraciones.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poleas sueltas.</li> <li>▪ Correas sueltas.</li> <li>▪ Piezas del reductor en malas condiciones.</li> <li>▪ Descansos u otros elementos mecánicos sueltos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisar y reparar poleas.</li> <li>▪ Tensar correas.</li> <li>▪ Revisar y hacer cambio de piezas.</li> <li>▪ Alinear y reparar.</li> </ul>


CUADRO A.3. Análisis de causas y defectos de fallas en rodamientos

DEFECTO	CAUSA	CORRECCIÓN
1. <b>Rodamientos atascados o pegados.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maltrato en almacenaje.</li> <li>▪ Lubricantes sucios.</li> <li>▪ Mal estado del sello.</li> <li>▪ Raspaduras de las superficies de la pista contra superficies extrañas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar medidas de limpieza, cuidado y manejo.</li> <li>▪ Verificar sellos.</li> <li>▪ Cambiar rodamientos.</li> </ul>
2. <b>Desprendimiento de metal en los anillos, pistas de bolas y rodillos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suciedad en el rodaje.</li> <li>▪ Presencia de agua en el rodamiento.</li> <li>▪ Rodamiento desalineado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar rodamiento.</li> </ul>
3. <b>Las pistas de bolas o rodillos están desfiguradas por la presión.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La instalación fue deficiente o el montaje estuvo mal hecho.</li> <li>▪ Vibraciones en el funcionamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar rodamiento y montar otros correctamente.</li> </ul>
4. <b>Desgaste prematuro.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impurezas abrasivas en el lubricante.</li> <li>▪ Aceite con alto porcentaje de azufre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalar un nuevo rodamiento.</li> </ul>


CUADRO A.4. Análisis de causas y defectos de fallas en correas

DEFECTO	CAUSA	CORRECCIÓN
1. Se da la correa en un mismo punto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Polines descentrados.</li> <li>▪ Rodillos frenados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centrar los rodillos.</li> <li>▪ Lubricar los rodillos.</li> </ul>
2. Una parte de la banda se desvía en todas partes del transportador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La banda no está empalmada a escuadra.</li> <li>▪ Banda arqueada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Volver a empastar la banda.</li> <li>▪ Si no es posible reemplazarla, de debe reemplazar.</li> </ul>
3. Desgaste excesivo de la cubierta inferior de la banda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Patinaje del tambor motriz.</li> <li>▪ Derramamiento del material sobre el tambor motriz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar la tensión por medio del tensor.</li> <li>▪ Revestir el caucho del tambor motriz.</li> </ul>
4. Estiramiento excesivo de la correa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demasiada tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentar la velocidad de la banda sin variar el tonelaje.</li> <li>▪ Reducir el tonelaje sin variar la velocidad.</li> <li>▪ Reducir tensión en la correa.</li> </ul>
5. Encogimiento de la banda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La banda está absorbiendo humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalar el tensor en la mitad del recorrido recomendado.</li> <li>▪ Reemplazar banda.</li> </ul>
6. Rasguños, cortes en la cubierta superior.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guardillas de caucho demasiado rígido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Espacio excesivo entre banda y guardilla.</li> </ul>
7. Roturas en forma de estrella.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Material atrapado en la banda y el tambor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalar una guarda de protección entre los lados de transporte y de retorno.</li> </ul>
8. Roturas transversales en los bordes de la banda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los bordes de la banda se doblan sobre la estructura.</li> <li>▪ Moho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ver correcciones 1, 2, 3.</li> <li>▪ Reemplazar la banda por una resistente al moho.</li> </ul>
9. Ampollas en la cubierta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cortes pequeños en la cubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hacer una reparación o reemplazo de la cubierta.</li> </ul>
10. Desgaste excesivo y uniforme de la cubierta superior.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rodillos de retornos sucios y/o frenados.</li> <li>▪ Baja calidad de la cubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilizar sistema de limpieza.</li> <li>▪ Usar discos de caucho para el retorno.</li> </ul>
11. La banda se levanta arqueándose.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contaminación con aceite, bien sea proveniente del material transportado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eliminar la fuente de contaminación.</li> </ul>
12. Desgarramiento de los ganchos en el empalme.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Moho.</li> <li>▪ Ganchos inapropiados.</li> <li>▪ Demasiada tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Empalmar de nuevo la banda con ganchos apropiados.</li> <li>▪ Verificar la tensión.</li> </ul>
13. Endurecimiento y agrietamiento de las cubiertas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambiar la banda por una resistente al calor.</li> </ul>

CUADRO A.5. Ficha de inspección genérica diaria



## INSPECCIÓN DIARIA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO/MECÁNICO



Equipo Corriendo:

Fecha/Turno/Hora inició: \_\_\_\_\_

Fecha/Turno/Hora terminó: \_\_\_\_\_

Inspector Técnico a cargo: \_\_\_\_\_

Equipo Detenido:

Firma: \_\_\_\_\_


INSPECCIÓN	TAREAS	OBSERVACIONES/MEDICIONES
<b>1. Motores de Transmisión Principal (transportadores)</b>		
1.1 Lubricación.	1.1.1 Revise el nivel de aceite en el indicador.	
1.2 Rodamientos.	1.2.1 Revisar las áreas de rodamientos por posibles fugas.	
1.3 Monitoreo subjetivo.	1.3.1 Observe la existencia de algún ruido o vibración no usual.	
1.4 Caja de conexión de fuerza.	1.4.1 Observe visualmente la caja de conexión de fuerza.	
1.5 Ventilador.	1.5.1 Observe el funcionamiento y estado del ventilador.	
<b>2. Motor de barras empujadoras</b>		
2.1 Rodamientos.	2.1.1 Revisar las áreas de rodamientos por posibles fugas.	
2.2 Monitoreo Subjetivo.	2.2.1 Observe la existencia de algún ruido o vibración no usual.	
2.3 Caja de conexión de fuerza.	2.3.1 Observe visualmente la caja de conexión de fuerza.	
2.4 Ventilador.	2.4.1 Observe el funcionamiento y estado del ventilador.	
<b>Observaciones:</b>		


\_\_\_\_\_  
Firma de Jefe de Mantenimiento

\_\_\_\_\_  
Firma de Supervisor de Mantenimiento

CUADRO A.6. Ficha de inspección genérica semanal



## INSPECCIÓN SEMANAL DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO/MECÁNICO



Equipo Corriendo:  Equipo Detenido:

Fecha/Turno/Hora inició: \_\_\_\_\_

Fecha/Turno/Hora terminó: \_\_\_\_\_

Inspector Técnico a cargo: \_\_\_\_\_


Firma: \_\_\_\_\_

INSPECCIÓN	TAREAS	OBSERVACIONES/MEDICIONES
<b>1. Motores de Transmisión Principal (transportadores)</b>		
1.1 Motores de rodamientos.	1.1.1 Revise la temperatura del área del rodamiento con detector de temperatura portátil, rango de temperatura rodamiento (75-90) °C o (167-194) °F.	
1.2 Carcaza del motor.	1.2.1 Revise la temperatura de la carcaza del motor, con un detector de temperatura portátil, temperatura máxima 65.5 °C (150) °F.	
1.3 Vibración del motor.	1.3.1 Si hay demasiada vibración, confírmelo con un detector de vibraciones portátil, la velocidad de vibración no deberá exceder los 2mm (80 mils/sec), a una frecuencia de 1k.	
1.4 Ruido del motor.	1.4.1 Escuche el motor buscando ruidos excesivos o inusuales.	
1.5 Cubierta principal de la caja de distribución plomada.	1.5.1 Revise la temperatura de la cubierta de la caja de distribución, debe estar tibia al tacto, más fría que la carcaza.	
<b>2. Motor de barras empujadoras</b>		
2.1 Rodamientos del motor.	2.1.1 Inspecciones la áreas del rodamiento en busca de señales de calor excesivo, tales como filtración de lubricante y pintura 2.1.2 Revise la temperatura del área del rodamiento, con un detector de temperatura portátil, la temperatura no debe exceder 82 °C	
2.2 Carcaza del motor.	2.2.1 Revise la temperatura de la carcaza del motor, con un detector de temperatura portátil, temperatura máxima 65.5 °C (150) °F.	
2.3 Vibración del motor.	2.3.1 Si hay demasiada vibración, confírmelo con un detector de vibraciones portátil, la velocidad de vibración no deberá exceder los 2mm (80 mils/sec), a una frecuencia de 1k.	
2.4 Ruido del motor.	2.4.1 Escuche el motor buscando ruidos excesivos o inusuales.	
2.5 Cubierta de la caja de distribución.	2.5.1 Revise la temperatura de la cubierta de la caja de distribución, debe estar tibia al tacto, más fría que la carcaza.	
<b>Observaciones:</b>		

\_\_\_\_\_  
Firma de Jefe de Mantenimiento

\_\_\_\_\_  
Firma de Supervisor de Mantenimiento

CUADRO A.7. Ficha de inspección genérica mensual



### INSPECCIÓN MENSUAL DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO/MECÁNICO



Equipo Corriendo:

Fecha/Turno/Hora inició: \_\_\_\_\_

Fecha/Turno/Hora terminó: \_\_\_\_\_


Inspector Técnico a cargo: \_\_\_\_\_

Equipo Detenido:


Firma: \_\_\_\_\_

INSPECCIÓN	TAREAS	OBSERVACIONES/MEDICIONES
<b>1. Motores de Transmisión Principal (transportadores)</b>		
1.1 Terminales de energía.	1.1.1 Encienda el motor desde su panel de control local, abra la caja de distribución principal y revise los terminales de energía y del calentador.	
	1.1.2 Desconecte y limpie los terminales sueltos y reconéctelos en forma segura.	
1.2 Sello de la caja de distribución.	1.2.1 Inspeccione los sellos de la cubierta de la caja en busca de filtración y daño.	
1.3 Conjunto del motor.	1.3.1 Corrija todas las temperaturas/vibraciones y condiciones de ruidos anómalos y medidos.	
1.4 Controles locales.	1.4.1 Inspeccione el panel en busca de botones dañados o faltantes, interruptores e indicadores, repare o reemplácelos según requiera.	
1.5 Conducto y cable.	1.5.1 Inspeccione el cable y conducto de energía buscando señales de calor excesivo y daño físico.	
<b>2. Motor de barras empujadoras</b>		
2.1 Arrastre de la corriente del motor (con el sistema de aceite lubricante operando normalmente)	2.1.1 Registre el arrastre total de corriente del motor de la bomba operativa y la corriente en cada fase en el MCC (centro de control de motores).	
	2.1.2 Compare las corrientes de la fase, cada una deberá ser al menos un 95% de la lectura de corriente más grande.	
2.2 Sello de la caja de distribución.	2.2.1 Inspeccione los sellos de la cubierta de la caja en busca de filtración y daño.	
2.3 Conjunto del motor.	2.3.1 Inspeccione y corrija las temperaturas/vibraciones y condiciones de ruido anómalos observados y medidos durante las inspecciones semanales.	
2.4 Controles locales.	2.4.1 Inspeccione el panel de control local buscando botones dañados o faltantes, interruptores e indicadores.	
2.5 Conducto y cable.	2.5.1 Inspeccione los cables y conductos de energía buscando señales de calor excesivo y daño físico.	
<b>3. Motor principal del elevador (paletes llenos)</b>		
3.1 Rodamientos del motor.	3.1.1 Inspeccione las áreas del rodamiento en busca de señales de calor excesivo, tales como filtración de lubricante y pintura descolorida.	
	3.1.2 Revise la temperatura del área del rodamiento, con un detector de temperatura portátil, la temperatura no debe exceder 82 °C (180) °F.	
3.2 Carcasa del motor.	3.2.1 Revise la temperatura de la carcasa del motor, con un detector de temperatura portátil, temperatura máxima 65.3 °C (150) °F.	
3.3 Vibración del motor.	3.3.1 Si hay demasiada vibración, confírmelo con un detector de vibraciones portátil, la velocidad de vibración no deberá exceder los 2mm (80 mils/sec), a una frecuencia de 1x.	
3.4 Ruido del motor	3.4.1 Escuche el motor buscando ruidos excesivos o inusuales.	
3.5 Cubierta de la caja de distribución.	3.5.1 Revise la temperatura de la cubierta de la caja de distribución, debe estar tibia al tacto, más fría que la carcasa.	
<b>4. Cilindro neumático de la transferencia</b>		
4.1 Vástago del cilindro.	4.1.1 Inspeccione toda la superficie del vástago en busca de señales de fisuras o pandeo en todo lo largo del vástago.	
	4.1.2 Revise la lubricación del vástago dentro de la cámara del cilindro neumático.	
4.2 Sellos.	4.2.1 Revise minuciosamente cada uno de los sellos, que no presenten desgaste o pérdida de material. Reemplázalos si fuera necesario.	
4.3 Mangueras y racores.	4.3.1 Verificar que todas las mangueras estén conectadas correctamente en los racores y que no existan fugas por grietas en las mangueras.	
4.4 Bridas.	4.4.1 Revise que ambas bridas del cilindro neumático no presenten desgaste o fisuras en su estructura.	
4.5 Tornillos de regulación.	4.5.1 Revise que los tornillos de regulación de aire del cilindro neumático no presenten ningún daño que provoque fugas de aire.	
<b>Observaciones:</b>		
_____ Firma de Jefe de Mantenimiento		_____ Firma de Supervisor de Mantenimiento

CUADRO A.8. Check-List genérico de mantenimiento de poleas



### LISTA DE VERIFICACIÓN DE TEMPERATURAS DE POLEAS



<b>Planta:</b>
<b>Equipo:</b>
<b>Ubicación Técnica:</b>
<b>Fecha/Turno/Hora Inicio:</b>
<b>Fecha/Turno/Hora Terminó:</b>
<b>Inspector a Cargo:</b>
<b>Frecuencia de Inspección: Quincenal</b>

**Equipo Corriendo**  
 N° ORDEN:  
 N° AVISO:

N° Polea	Temperaturas			Reductor		
	LM	NL	LO	EA	NL	EB

**LM:** Lado Motor; **NL:** Nivel de Lubricante; **LO:** Lado Opuesto Motor; **EA:** Eje de Alta; **EB:** Eje de Baja.

1 Polea Motriz

2 Polea de Cola

3 Polea deflectora

4 Polea Tensora

5 Polea de quiebre

6 Polea de Cabeza (repartidor de carga)

7 Polea de quiebre (repartidor de carga)

8 Polea Limite radio

9 Polín de carga.

**Observaciones :**

\_\_\_\_\_  
Firma Jefe de Mantenimiento

\_\_\_\_\_  
Firma Inspector Técnico


CUADRO A.9. Instructivo de mantenimiento de reductores de ejes paralelos

	<b>INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO</b>	Código:
	<b>REDUCTORES DE EJES PARALELOS</b>	Fecha:
		Versión:
		Página: 1 de 1

<b>Equipo:</b>	
<b>Fecha/Turno/Hora inició:</b>	
<b>Fecha/Turno/Hora terminó:</b>	
<b>Mecánico a cargo:</b>	
<b>Tipo de mantenimiento:</b>	
<b>No. de Orden:</b>	

<b>BASE Y CUBIERTA DE LA CAJA</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Desmonte las dos partes de la caja y las empaquetaduras viejas de los sellos.</li> <li>Limpie los depósitos de aceite, pasajes de aceite, pasajes de drenado de aceite, aletas de tubos de enfriamiento (si está así equipado) y resumidero con kerosene o solvente y luego secar.</li> </ol>
<b>RESPIRADERO</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Lave el filtro con kerosene o solvente y deje escurrir hasta que seque.</li> </ol>
<b>RODAMIENTOS</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Lave todos los rodamientos con kerosene o solvente limpio y luego seque. No haga girar los rodamientos ya que pueden rayarse debido a la falta de lubricante.</li> <li>Inspeccione los rodamientos atentamente y cambie aquellos que estén gastados o en malas condiciones. Los rodamientos deben ser idénticos a los del equipo original.</li> <li>Si se necesita cambiar los rodamientos, use un extractor de ruedas o presione para sacarlos. Aplique fuerza sobre el anillo-guía interno solamente.</li> <li>Para montar nuevos rodamientos, caliente en un baño de aceite u horno a un máximo de 272 ° F (135 ° C) y deslice o presione sobre el eje con fuerza sobre el reborde del eje. Obs.: No aplique fuego directamente sobre los rodamientos ni los deposite sobre la base del contenedor recalentado.</li> <li>Cubra completamente todos los rodamientos con aceite lubricante antes de rotar los ejes.</li> </ol>
<b>ENGRANES, PIÑONES Y EJES</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Todos los piñones están fijos al eje. Anote nombre, ubicación y orientación de los espaciadores de ejes antes de desarmar para consultar al volver a armar. Los piñones y engranes que estén descoloridos se han ablandado por el calor excesivo y se deben cambiar.</li> <li>Lave los piñones y engrase con kerosene o solvente limpio y observe si hay dientes dañados o gastados.</li> <li>Retire el engrane del eje con un prensa si es necesario.</li> <li>Ensamble el engrane de repuesto al eje, con el lado biselado grande hacia el reborde del eje o al espaciador adyacente.</li> <li>Para facilitar el ensamblaje, caliente el engrane a 325-350 ° F (163-177) ° C en baño de aceite u horno. NO exceda los 350 ° F (177 ° C) o se ablandará con el calor. Utilice una prensa para asentar el engrane contra el espaciador o reborde del eje.</li> </ol>
<b>TORNILLOS</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Todos los tornillos se pueden volver a usar. Si hace falta cambiarlos, reemplace con otros del mismo grado, largo y tipo.</li> </ol>
<b>CAMBIO DE LUBRICANTE</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda revisar la condición del lubricante a intervalos regulares.</li> <li>El contenido de agua es mayor que 0.05% (500 ppm.).</li> <li>El contenido de hierro excede 150 ppm.</li> <li>El silicón (polvo/impurezas) excede 25 ppm).</li> <li>Cambios en la viscosidad mayores que 15%.</li> </ol>

CUADRO A.10. Instructivo de mantenimiento de alineación de acoplamientos

	<b>INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO</b>	Código:
	<b>ALINEACIÓN DE ACOPLAMIENTOS</b>	Fecha:
		Versión:
		Página: 1 de 1


<b>Equipo:</b>	
<b>Fecha/Turno/Hora inició:</b>	
<b>Fecha/Turno/Hora terminó:</b>	
<b>Mecánico a cargo:</b>	
<b>Tipo de mantenimiento:</b>	
<b>No. de Orden:</b>	

<b>DESALINEAMIENTO ANGULAR</b>
1. Utilice una barra espaciadora del mismo espesor que el claro especificado por el proveedor.
2. Inserte la barra a la misma profundidad y a intervalos de 90 °, y mida entre la barra y la maza con calibradores de hoja (fillers).
3. La diferencia entre la medición mínima y la máxima no debe exceder los límites angulares de instalación especificados por el proveedor.
<b>DESALINEAMIENTO PARALELO</b>
1. Alinee las mazas de manera que la regla asiente a escuadra (o dentro de los límites especificados por el proveedor).
2. Coloque la regla a escuadra cada 90°, verifique con calibradores de hoja (fillers).
3. Los límites de alineación no deben de exceder los especificados por el proveedor. Realinee el acoplamiento si es necesario.
<b>RECOMENDACIONES DURANTE EL ALINEAMIENTO</b>
1. Verificar que los dispositivos para alinear están bien firmes a los ejes. Para ello debe golpearlos suavemente y las lecturas de los relojes no deben variar.
2. Aproxime el alineamiento mediante filler y reglilla.
3. Posicione los relojes en el rango medio.
4. Alinee primero en el plan vertical, luego en el horizontal.
5. Gire el eje siempre en la misma dirección.
6. Una vez hecho el cambio repita la lectura. Esta debe ser idéntica.
7. No use fijaciones magnéticas para alinear.

CUADRO A.11. Formato de entrevista técnica



## FORMATO DE ENTREVISTA TÉCNICA



Equipo Corriendo: 
Equipo Detenido:

Fecha/Turno/Hora: \_\_\_\_\_

Máquina que tiene a cargo: \_\_\_\_\_

Operador: \_\_\_\_\_
 Firma: \_\_\_\_\_

INSPECCIÓN	OBSERVACIONES/COMENTARIOS
1. ¿Cómo ha sido el funcionamiento general del equipo o máquina?	
2. ¿Cuántos componentes presentan desgaste?	
3. ¿Cuánto tiempo calcula que dure el desgaste que presentan los equipos?	
4. ¿Cuánto tiempo a transcurrido desde que se cambió el componente desgastado?	
5. ¿Cuántos componentes del equipo o máquina se cambiaron?	
6. ¿Cuántos técnicos realizaron el cambio de componentes en el equipo o máquina?	
7. ¿Al realizar el cambio se ejecutó la prueba del correcto funcionamiento en el equipo o máquina?	

**Otras Observaciones:**

\_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

Firma de Supervisor de Mantenimiento

CUADRO A.12. Formato de Check-List de recorrido



## FORMATO DE CHECK-LIST DE RECORRIDO



Equipo Corriendo: 
Equipo Detenido:

Fecha/Turno/Hora Inició: \_\_\_\_\_

Fecha/Turno/Hora Terminó: \_\_\_\_\_

Inspector Técnico: \_\_\_\_\_
 Firma: \_\_\_\_\_

INSPECCIÓN	EXCELENTE (100%)	BUENO (80%)	REGULAR (70%)	NO CUMPLE
1. Bloqueo y etiquetado de los equipos donde se va a realizar el mantenimiento.				
2. Cumplimiento con las entrevistas técnicas al personal operativo.				
3. Se ejecutan las operaciones establecidas en la orden de trabajo.				
4. Se termina con la orden de trabajo (OTR) durante la jornada laboral.				
5. Se realiza prueba de arranque del equipo desde control central satisfactoriamente.				

**Otras Observaciones:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma de Jefe de Mantenimiento

CUADRO A.13. Formato de orden de trabajo (OTR)

FORMATO ORDEN DE TRABAJO					
ORDEN DE TRABAJO			NO. DE ORDEN: 001		
Descripción					
Equipo					
SOLICITADA POR:			AUTORIZADA POR:		
SUBDIRECCION					
RESPONSABLE EJECUCION		FECHA.PLAN	SUPERVISOR EJECUCION		FECHA.INICIO
TAREAS A EJECUTAR					
DESCRIPCION DE LA TAREA		Tiempo.Estim	Tiempo.Real	OBSERVACIONES	
CONSECUION E INTERPRETACION DEL PLANO FUENTE CONMUTADA		0,4 Hrs			
IDENTIFICAR LOS DIFERENTES PARAMETROS TECNICOS DE LA FUENTE		½ Hrs			
IDENTIFICAR E INTERPRETAR LOS DIFERENTES COMPONENTES,SIMBOLOS ELECTRONICOS CON SU RESPECTIVO FUNCIONAMIENTO		0,4 Hrs			
INSPECCIONAR QUE COMPONENTES HACEN FALTA		0,2 Hrs			
REVISAR (SOLDADURAS, POSIBLES CORTOS,CAIDAS DE TENSION-VOLTAJE, ETC)		0,5 Hrs			
REEMPLAZAR DISPOSITIVOS DESGASTADOS O EN MAL USO		0,3 Hrs			
REALIZAR EL ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO		0,2 Hrs			
VERIFICAR EL TIPO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO		0,1 Hrs			
REALIZAR Y VERIFICAR SU RESPECTIVO FUNCIONAMIENTO SEGUN LA CAUSA		0,1 Hrs			
TOMAR UNA MUESTRA DE LOS DATOS OBTENIDOS/PARA SU REGISTRO		½ Hrs			
DESPEJAR Y LIMPIAR LA ZONA DE TRABAJO		0,1 Hrs			
REPUESTOS REQUERIDOS					
CODIGO	DESCRIPCION DEL REPUESTO	Cant.planif	Cant.utilizada	Unidad	
PERSONAL NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS					
CATEGORIA	Hrs.Req	Hrs. Normal	Hrs. Extras	Hrs. Festivos	Hrs. Nocturnas
OFICIAL 1º MECÁNICA/ELECTRICA					
PERSONAL DE LIMPIEZA					
MEDIDAS DE SEGURIDAD			OBSERVACIONES		
UTILIZACION DE HERRAMIENTA REQUERIDA					
UTILIZACION DE PROTECCION OCULAR					
FINALIZACION DE TRABAJOS					
REVISADO	FECHA	FIRMA	APROBADO	FECHA	FIRMA
SUPERVISOR DE EJECUCION			SENA-CIMM		

## CUADRO A.14. Cotización Inmaprisa



Instrumentos y Materias Primas, S.A.

0 Calle "B" 15-40 Sector B-1 Zona 8 Mixco, Ciudad San Cristobal Guatemala, C.A.

PBX(502) 22457000 FAX(502) 22457001

www.inmaprisa.com

Cotización No. 6147

Fecha: 25/08/2014

Asesor: ING. VINICIO MERIDA

Correo: vmerida@inmaprisa.com

Tel.directo: 42120910

Validez: 15 Dias

Observaciones:

Cant.	Cod.	Descripcion	Precio/u	Total	Dias/entrega
1		CILINDRO CUADRADO DOBLE EFECTO 100*1500, MARCA MPC	4,500.00	4,500.00	5
2		KIT PARA CILINDRO CUADRADO DE 100MM	805.48	1,610.96	1
2		VALVULA DE ESCAPE RAPIDO ROSCA 1/2, MARCA MPC	200.00	400.00	1

SEIS MIL QUINIENTOS DIEZ CON 96/100

6,510.96

\* la columna "días/entrega" indica el tiempo de entrega de cada producto

---

## XII. GLOSARIO

- **Brida.** Es el tipo de fijación que lleva el cilindro que va depender de la posición que se desea colocar dentro de la línea.
- **Cilindro neumático.** Es un elemento capaz de convertir la energía contenida en el aire comprimido en trabajo mecánico en forma de empuje.
- **Cilindro.** Consiste en un pistón y un vástago unidos que se desplazan dentro de un tubo circular cerrado en cada extremo por cabezales, deslizándose sobre juntas convenientemente situadas para evitar pérdidas o fugas.
- **Disponibilidad.** Es la fracción de tiempo en que los equipos están en condiciones de servicio.
- **Eficacia.** Es la fracción de tiempo en que su servicio resulta efectivo para la producción.
- **Guarnición.** Es una pieza interna del cilindro comúnmente formado por nitrilo teniendo una función de sellado sobre el vástago, lo cual no permite el ingreso de polvos químicos y contaminantes externos.
- **Kits.** Conjunto de orines y sellos ensamblados en la parte interna del cilindro para evitar fugas de aire.
- **Palete.** Es el conjunto de producto estibado sobre una estructura de agrupación de carga fabricada generalmente de madera o bien de plástico.
- **Perturbaciones.** Son los eventos que impiden la producción por corto o largo tiempo y que no están incluidas dentro de los paros programados para mantenimiento o para limpieza o sanitización.

- **Válvula.** Pieza encargada de abrir y cerrar los conductos de entrada y salida de aire del cilindro.
- **Vástago.** Pieza interna del cilindro, la cual está formada por acero al carbono cromado duro o acero inoxidable realizando la función de entrada y de salida.