

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PARA
LA EMPRESA "INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S."

KEVIN ANDRÉS MIER PINZÓN
SERGIO ANDRÉS RUIZ OLMOS

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.017

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PARA
LA EMPRESA "INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S."

KEVIN ANDRÉS MIER PINZÓN
SERGIO ANDRÉS RUIZ OLMOS

Trabajo integral de grado para optar el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.017

Nota de aceptación:

Ing. Carlos Urrego Rodríguez
Presidente del jurado

Ing. Francisco Campos
Jurado 1

Ing. Gabriel Rivera
Jurado 2

Bogotá, febrero de 2.017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Camilo Posada García-Peña

Decano Faculta de Ingenierías

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

Este proyecto se lo dedico a mis padres Claudia Pinzón y William Mier que me han acompañado en todo este camino, formándome como persona de bien, enseñándome a amar la vida y apoyándome en la consecución de mis sueños, por la paciencia y amor que me han dedicado a través de todos estos años. También quiero agradecerle a la empresa Industrias Payasito S.A.S. por brindarnos la oportunidad de desarrollar la tesis en sus instalaciones y por ultimo a mis maestros que me ayudaron a formar académicamente y como persona para llegar a convertirme en ingeniero.

Kevin Andrés Mier Pinzón

Este proyecto se lo dedico inicialmente a Dios quien es mi guía para poder cumplir mis metas, a mi tío Alexander Olmos porque es mi ejemplo a seguir y ha sido mi apoyo en todo este tiempo, a mi madre Mary luz Olmos por ser lo mejor de mi vida, caracterizada por ser una mujer emprendedora y que siempre deposito en mí, sus más grandes valores, a mis hermanos por ser un ejemplo para ellos. A la empresa Industrias Payasito. S.A.S. por depositar su confianza para desarrollar este proyecto en su empresa y a todas las personas que me ayudaron desde que decidí ser ingeniero mecánico.

Sergio Andrés Ruiz Olmos

Agradecemos a Andres Mauricio Jaramillo, gerente operativo de la empresa Industrias Payasito S.A.S., por ofrecernos la oportunidad de desarrollar este proyecto y suministrarnos toda la información necesaria para el desarrollo y cumplimiento de este trabajo de grado.

De igual manera agradecemos el apoyo de los orientadores que nos dieron las herramientas necesarias para establecer el plan; al Ingeniero Francisco Campos por el material y ayuda suministrada en este tiempo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	19
1.1 MISIÓN	19
1.2 VISIÓN	19
1.3 ORGANIGRAMA DE INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S.	20
1.4 DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO	20
1.4.1 Estado de equipos	20
1.4.2 Actividades que realiza el personal externo	22
1.4.3 Compra y existencia de lubricantes	23
1.5 HERRAMIENTAS	23
1.6 REGISTRO DE INFORMACIÓN	24
1.7 RECURSOS HUMANOS	24
1.8 COSTOS ACTUALES DE MANTENIMIENTO	25
2. DESCRIPCIÓN DE MÁQUINAS	26
2.1 LISTADO DE MÁQUINAS	26
2.2 DESARROLLO CODIFICACIÓN MÁQUINAS	28
3. DISEÑO DE FORMATOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO	30
3.1 FICHA TÉCNICA	30
3.2 SOLICITUD DE TRABAJO	32
3.3 ORDEN DE TRABAJO	33
3.4 HOJA DE VIDA	35
4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	37
4.1 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	37
4.2 NIVEL DE CRITICIDAD DE EQUIPOS	41
4.3 ANÁLISIS DE FALLAS	43
4.3.1 Clasificación tipo de fallas	43
4.3.2 Resultado del Análisis de fallas	53
4.3.3 Análisis de mantenimiento de las máquinas semicriticas	53
5. PLAN DE MANTENIMIENTO	55
5.1 PLAN SISTEMÁTICO DE INSPECCIÓN	55
5.1.1 Matriz de tiempos de inspección	58
5.1.2 Balance de tiempos de inspección	58
5.1.3 Ruta de Inspección	59
5.2 PLAN DE AJUSTE Y LIMPIEZA	61
5.2.1 Puntos clave de ajuste y limpieza	61
5.2.2 Matriz de tiempos de ajuste y limpieza	63

5.2.3 Balance de tiempos de ajuste y limpieza	63
5.2.4 Rutas de ajuste y limpieza	64
5.3 PLAN SISTEMÁTICO DE LUBRICACIÓN	66
5.3.1 Tipos de Lubricación	66
5.3.2 Puntos clave de lubricación	67
5.3.3 Matriz de tiempos de lubricación	68
5.3.4 Balance de tiempos de lubricación	69
5.3.5 Ruta de Lubricación	71
5.3.6 Carta de Lubricación	72
6. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE REPUESTOS	73
6.1 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS	73
6.2 REPUESTOS ALMACENADOS	75
6.2.1 Cantidades recomendadas	76
6.3 ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	78
6.3.1 Suministro y almacenamiento de repuestos	79
7. PLAN DE MANTENIMIENTO, BASE DE DATOS SOFTWARE FACTORY	80
7.1 BASE DE DATOS	80
7.2 SOFTWARE FACTORY	81
7.2.1 Uso de Software Factory	82
7.2.2 Capacitación manejo de software	86
8. INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	92
8.1 DISPONIBILIDAD	92
8.2 CONFIABILIDAD	93
8.3 MANTENIBILIDAD	93
8.4 PROGRAMA PARA REGISTRO DE INDICADORES	94
8.5 INDICADORES DE GESTIÓN ÓRDENES DE TRABAJO	94
9. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO	96
9.1 ESTRATEGIAS PARA SOTENIBILIDAD	99
10. EVALUACIÓN FINANCIERA	101
10.1 PROYECCIÓN DE COSTOS	101
11. CONCLUSIONES	105
12. RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	109

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Listado de herramientas	23
Cuadro 2. Listado de equipos	26
Cuadro 3. Máquinas codificadas	28
Cuadro 4. Matriz de riesgo	38
Cuadro 5. Rango de criticidad	38
Cuadro 6. Criticidad inyectora	39
Cuadro 7. Frecuencia de falla	39
Cuadro 8. Impacto operacional	39
Cuadro 9. Flexibilidad operacional	40
Cuadro 10. Costos de mantenimiento	40
Cuadro 11. Seguridad higiene ambiental	40
Cuadro 12. Criticidad de la planta	41
Cuadro 13. Nivel de criticidad	43
Cuadro 14. AMEF inyectora	45
Cuadro 15. AMEF Llenadora	48
Cuadro 16. AMEF Sopladora	50
Cuadro 17. Frecuencias	56
Cuadro 18. Matriz de tiempos de inspección	58
Cuadro 19. Matriz de balance de tiempos de inspección	59
Cuadro 20. Matriz de tiempos de ajuste y limpieza	63
Cuadro 21. Matriz de balance de ajuste y limpieza	64
Cuadro 22. Lubricantes utilizados	67
Cuadro 23. Matriz de tiempos de Lubricación	69
Cuadro 24. Matriz balance de tiempos de lubricación	70
Cuadro 25. Consumo de repuestos	75
Cuadro 26. Repuestos almacenados	76
Cuadro 27. Repuestos recomendados	78
Cuadro 28. Cronograma de capacitaciones	87
Cuadro 29. Descripción de trabajadores involucrados en el plan	101
Cuadro 30. Costo de Capacitaciones del plan	101
Cuadro 31. Costo del plan anual de equipos críticos	102
Cuadro 32. Costo de Rutas	102
Cuadro 33. Costos generales de mtto	102
Cuadro 34. Lucro Cesante	103
Cuadro 35. Costo año 2015	103
Cuadro 36. Costo de los Proyectistas	104

LISTA DE FORMATOS

	pág.
Formato 1. Ficha técnica	31
Formato 2. Solicitud de trabajo	32
Formato 3. Orden de trabajo	34
Formato 4. Hoja de vida	36
Formato 5. Puntos clave de inspección	57
Formato 6. Ruta de Inspección	60
Formato 7. Puntos clave de ajuste y limpieza	62
Formato 8. Ruta de ajuste y Limpieza	65
Formato 9. Puntos clave de lubricación	68
Formato 10. Ruta de Lubricación	71
Formato 11. Carta de Lubricación	72
Formato 12. Solicitud de compra	79

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Propuesta de codificación	28
Figura 2. Diagrama de flujo orden de compra	78

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Organigrama Industrias Payasito	20
Imagen 2. Base de Datos	80
Imagen 3. Menú Principal Software	83
Imagen 4. Ver, adicionar o modificar parámetros de las máquinas	83
Imagen 5. Ficha técnica en Factory	84
Imagen 6. Reporte órdenes de trabajo en Factory	84
Imagen 7. Código de daños	85
Imagen 8. Código de repuestos	85
Imagen 9. Reportes de Másteres	86
Imagen 10. Soporte de capacitación mantenimiento 1	88
Imagen 11. Soporte de capacitación mantenimiento 2	89
Imagen 12. Soporte de capacitación mantenimiento 3	90
Imagen 13. Soporte de capacitación mantenimiento 4	91
Imagen 14. Programa Indicadores de gestión	94
Imagen 15. Cronograma de mantenimiento	97

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Grafico 1. Porcentaje de criticidad de máquinas	42

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Se adjunta CD con las siguientes carpetas	108
Anexo A. Fichas técnicas de los equipos	
Anexo B. Puntos clave de inspección	
Anexo C. Puntos clave de ajuste y limpieza	
Anexo D. Rutas de inspección	
Anexo E. Rutas de ajuste y limpieza	
Anexo F. Puntos clave de lubricación	
Anexo G. Rutas de lubricación	
Anexo H. Cartas de lubricación	
Anexo I. Base de datos	
Anexo J. Certificados capacitación	
Anexo K. Formatos básicos, Hojas de vida	

RESUMEN

Este proyecto que lleva como título “DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PARA LA EMPRESA “INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S.” dejó base para implementación del plan de mantenimiento mediante la utilización de software Factory

En un principio, se diagnosticó la situación actual del mantenimiento en la empresa, para determinar los mejores procedimientos requeridos en las máquinas. Se elaboró un listado de equipos teniendo en cuenta su criticidad, por este medio también se diseñaron los formatos de mantenimiento, fichas técnicas, solicitud de trabajo y hojas de vida de las máquinas. Estos formatos se usaron como soporte para el diagnóstico de fallas y la criticidad de los equipos.

Así mismo se elaboraron los formatos AMEF para determinar el mejor programa sistemático para la inspección, limpieza y ajustes de los equipos. Tras la recopilación de datos, se migró toda la información necesaria para poner en funcionamiento el programa Factory y capacitar al personal sobre su funcionamiento y utilización.

Analizando toda la información recopilada y los formatos diseñados, se creó un cronograma del plan de mantenimiento y se desarrollaron las estrategias para la consolidación y sostenibilidad del proyecto, finalmente se realizó la evaluación financiera del proyecto.

PALABRAS CLAVES: Factory, fallas, Indicadores, plan de mantenimiento, Payasito S.A.S.

INTRODUCCION

La *importancia* de este proyecto radica en aumentar la disponibilidad de las máquinas de la planta y evitar paradas innecesarias que afecten el proceso de producción.

El *origen* se da en la empresa; su sede principal se encuentra en la ciudad de Bogotá, en Puente Aranda, cuenta con 53 empleados quienes se encargan de la fabricación y lleva diez años en el mercado, posicionándose como una de las empresas más importante en la producción de vinilos, temperas, plastilina y pegante, entre otros.

El *objetivo* general es el desarrollo de un programa de mantenimiento planificado para la empresa “Industrias Payasito S.A.S.” que cumpla con las especificaciones que se presentan en este proyecto; para lograrlo se plantean unos *objetivos específicos* los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto:

- ✓ Diagnosticar la situación actual del mantenimiento
- ✓ Elaborar el listado general de los equipos involucrados y establecer un sistema de codificación
- ✓ Elaborar los formatos de mantenimiento, ficha técnica, solicitud de trabajo, orden de trabajo y hoja de vida
- ✓ Diagnosticar los tipos de fallas y evaluar la criticidad de los equipos involucrados
- ✓ Elaborar formato AMEF para equipos críticos hacia los programas sistemáticos de inspección, de lubricación, de ajuste y limpieza
- ✓ Elaborar un análisis del consumo de repuestos
- ✓ Elaborar una base de datos de mantenimiento y migrar al Factory, realizando capacitación para el manejo del mismo
- ✓ Elaborar indicadores de gestión de mantenimiento
- ✓ Elaborar cronograma del plan de mantenimiento y estrategias para sostenibilidad
- ✓ Realizar la evaluación financiera del proyecto

El *alcance* de este proyecto permitió el desarrollo del plan y habilitar el programa Factory según el plan de mantenimiento.

La *Limitación* para el desarrollo del plan, no se implementó en su totalidad debido al tiempo dispuesto por la universidad; no se tomó en cuenta las ampliaciones y la adquisición de máquinas nuevas en el momento en que fue aprobado el anteproyecto. La realización de este proyecto tuvo una duración aproximadamente de seis meses.

En la *metodología* se realizó un plan de actividades y análisis metodológicos para cumplir con los objetivos y lograr culminar el proyecto con satisfacción.

La *aplicación* en el área de trabajo amplió la disponibilidad de máquinas y determinó los tiempos de parada programados.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA¹

Industrias Payasito fue creada el 15 octubre de 1999, la organización inició con la comercialización de temperas y vinilos; la planta se radicó en el sector de Tintal. En el 2006 se trasladaron al sector industrial de Puente Aranda, donde mejoraron la producción con la adquisición de máquinas de llenado y etiquetado.

En el año 2011 es creado el departamento de Plásticos donde se producen tapas y envases para la tempera, al siguiente año ya se hacia la rotulación de las tapas. En el 2012 se crearon estrategias de crecimiento basándose en la calidad de los productos que se comercializan.

1.1 MISIÓN

Industrias Payasito aporta al mercado productos que buscan la satisfacción de los clientes en la elaboración de sus actividades académicas y artísticas; enriqueciendo la oferta de productos escolares en el mercado, con una excelente relación humana y comercial con nuestros colaboradores y clientes.

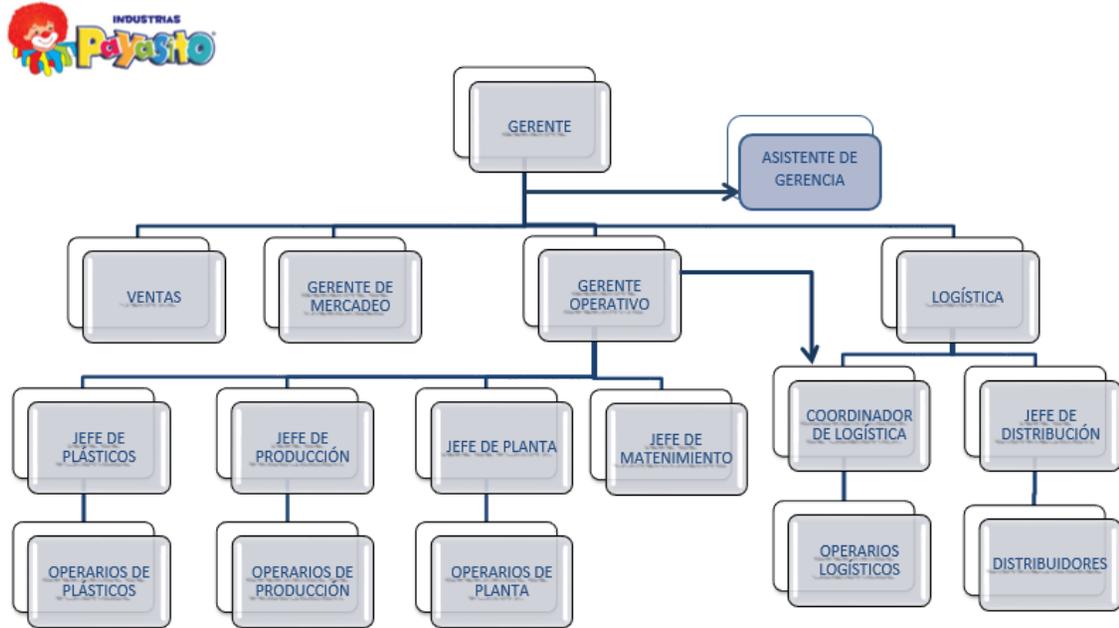
1.2 VISIÓN

Industrias Payasito quiere ser la primera opción de los clientes, siendo una empresa líder en continua expansión. En el 2014 la empresa será la marca líder del sector en el territorio local, con una sólida presencia en el mercado de distribución mayorista, siendo reconocida por la calidad y servicio. En el 2017 se consolida la venta de la manufactura en el mercado nacional, perpetrando una diversificación y ampliación del portafolio de productos y en el 2020 Industrias Payasito extenderá los lazos comerciales con la exportación a países de Centroamérica y Suramérica.

¹ Industrias Payasito S.A.S. Estructura organizacional portafolio de productos Payasito. 2012.

1.3 ORGANIGRAMA DE INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S.²

Imagen 1. Organigrama Industrias Payasito



1.4 DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL DE MANTENIMIENTO

La empresa cuenta con cuatro áreas esenciales donde Javier Jaramillo es el encargado general de cumplir con el mantenimiento que se requiera en cada área, el señor Javier Jaramillo es técnico en soldadura industrial y técnico en inyección de plástico; además los operarios deben cumplir con un parámetro de limpieza en cada área.

1.4.1 Estado de equipos. La primera área que se analizó es la de plásticos; donde se encuentran tres inyectoras, una sopladora, tres molinos, un compresor de pistón, un mezclador de pigmentos y un chiller. En esta área el operario y el jefe de área se encargan del proceso de fabricación de los envases plásticos donde se empaqueta el producto terminado. Las inyectoras se monitorean para mantener un nivel necesario de aceite ya que la máquina tiene un sistema de lubricación independiente; se realiza limpieza de las toberas cuando se hace el cambio del molde.

La mezcladora de pigmentos se lubrica cada vez que genera un ruido anormal en la cadena y cuando hay falla en el motor este es rebobinado; en este caso se hace un cambio de los rodamientos. Los molinos son utilizados para triturar el residuo

² Industrias Payasito S.A.S. Estructura organizacional portafolio de productos Payasito. 2012.

que deja la inyectora para luego ser reciclado y volverlo a incluir en el proceso, ésta máquina esta en continua limpieza y se lubrica internamente el eje, asimismo se inspecciona la cuchilla de trituración.

Al compresor de pistón se le efectúa una inspección a la correa y se realiza un cambio de la válvula de seguridad. El chiller está en una zona especial de la fábrica, a éste equipo se le cambia una vez al mes el agua y periódicamente los filtros. El soplador o blower tiene un sistema de refrigeración y lubricación por lo cual es pertinente que cumpla los niveles necesarios.

Los equipos más nuevos como las inyectoras y el soplador llevan consigo un contrato que cubre los mantenimientos, la empresa tiene la posibilidad de solicitar una revisión al mes, mientras la garantía del contrato se mantenga. Adicionalmente en el mes se hace una revisión general a todas las máquinas de esta área.

En el área de producción se encuentran cinco tanques de mezclado donde cada tanque tiene un sistema de elevación y mezcla, que los constituyen una cadena un motor y un motorreductor; el operario de esta área, está pendiente de limpiar los tanques cada semana y una vez al mes lubricar la cadena del sistema. Si el sistema falla, el encargado de mantenimiento cambia las piezas según la condición. Además, en esta área se encuentran dos bombas de desplazamiento positivo, una es para pegante y la otra es para vinilo, para una de las bombas el fabricante se encarga del mantenimiento, la otra se adquirió usada y por ello no se tienen datos del fabricante para realizar mantenimiento.

El área de llenado está enfocada en una máquina automática que llena 6 envases de témpera al mismo tiempo, cada uno de diferente color, para luego ser llevado a la línea de empaque. La máquina de llenado tiene frecuentes cambios de empaques e inyectores, a pesar de no ser utilizada todo el tiempo; en un promedio se realiza un cambio de empaques cada mes y 12 inyectores en el transcurso del año; se le hace una limpieza general 1 vez cada 6 meses y se le cambia un tornillo guidor cada 8 días.

Además de la máquina automática se encuentran 10 tanques de 100 litros cada uno para hacer llenado a través de válvulas manuales, estas se cambian cada tres semanas de ser necesario o cada vez que la palanca de la válvula presente fallo y se generen goteos.

En el área de empaque se tiene una etiquetadora a la cual se le hace una limpieza mensual a la banda y cada semana una limpieza superficial, la etiquetadora está sujeta a un contrato de garantía, por lo cual cada vez que se hace necesario se contacta con el fabricante; luego del etiquetado pasa por una termo fijadora que se encarga de sellar las cajas de vinilo y cortar los sobrantes, esta máquina se lubrica y se cambia la cuchilla cada vez que el operario o encargado de mantenimiento lo crea pertinente. La máquina encintadora tiene una cadena interna que se lubrica

cada vez que sea necesario o cada vez que se necesite un ajuste, esta máquina se encarga de sellar las cajas de vinilo.

El compresor de tornillo con tanque pulmón y secador está sujeto a un contrato de garantía, donde el distribuidor del equipo se encarga del mantenimiento y cambios de filtros, mensualmente el distribuidor de la máquina hace una visita de mantenimiento, este tiene un cobro externo por el servicio.

1.4.2 Las actividades que realiza el personal externo en la empresa ofrecen una opción de revisión de sus máquinas una vez al mes gratuitamente, mientras la garantía este vigente; cuando la empresa solicita un mantenimiento, el contratista la agenda lo más pronto posible, el operario de la empresa explica al contratista el problema para que este tome las medidas necesarias y resuelva los daños, los cambios y repuestos son asumidos por la compañía.

Hay dos tipos de personal externo que asisten a las instalaciones de la empresa, el primero son los que asisten por garantía de las máquinas, cuando se compra un equipo nuevo comúnmente se da un año de garantía, durante este periodo el comprador puede solicitar servicios de revisión, ajuste y reparaciones que estén sujetas al contrato de compra; dependiendo de las especificaciones y el tipo de falla de la máquina la empresa asumirá los costos de la reparación.

La solicitud de servicio se genera en primer lugar por una inconformidad en el funcionamiento que es reportado por el operario de la máquina, el reporte será recibido por el jefe de mantenimiento y este se comunica a la empresa que suministro el equipo solicitando el soporte técnico por garantía. Cuando se realiza el servicio técnico de garantía este es supervisado el jefe de mantenimiento, al terminar el trabajo debe ser avalado por el jefe que se encuentre a cargo del área afectada.

El segundo tipo de personal se trata de solicitud de servicios de reparación o mantenimiento que requiera una máquina que no cuente con garantía, estos tipos de servicios tienen que ser cubiertos económicamente por la empresa. Inicialmente se genera un reporte por parte del operario solicitando intervención al equipo, en este reporte el jefe debe seleccionar la empresa que le preste el servicio más acertado para la solución del problema que presente la máquina.

Al solicitar el servicio del personal externo se genera una orden del trabajo especificando los costos del servicio, al ser aprobada esta orden las actividades deben ser supervisadas por el jefe de mantenimiento el cual revisara que el fallo se halla solucionado, suministrando aprobación para que el personal externo pueda realizar el cobro.

La mayor cantidad de fallas son reportadas del área de plásticos, donde son asistidos por la empresa KRUMTAP S.A.S. teniendo bajo supervisión tres inyectoras y una sopladora de plástico, las cuales presentan la mayor cantidad de fallas haciendo frecuente su asistencia en la empresa.

La contabilidad de compras y gastos de mantenimiento se llevan a cabo en la sede administrativa que se encuentra en el centro de Bogotá.

1.4.3 Los lubricantes que se utilizan en planta son adquiridos en Optium Lubricantes; en la sección de plásticos para las inyectoras se les abastece de un aceite para sistema hidráulico de referencia Optium hidra fluid 68 y Optium hidra fluid 46 que es usado en el compresor con tanque pulmón, estos aceites son especiales para reducir la formación de espumas y lodos y posee activos anti desgastantes, la referencias de los lubricantes adquiridos cumplen con las especificaciones por los fabricantes de las máquinas.

Para la lubricación de las partes externas y el sistema automático de lubricación de la inyectora se utiliza Engrafluid 150, este también es utilizado en la llenadora. Para las máquinas que necesitan grasas se utiliza BEG Litio que es una grasa de uso múltiple diseñada a partir de jabones de litio y aditivos de extrema presión, para ser utilizada en cojinetes y rodamientos, cubriendo un amplio rango de condiciones tales como exposición al agua, alta temperatura, estabilidad mecánica, oxidación, corrosión y extrema presión.

1.5 HERRAMIENTAS

En las instalaciones de la empresa se encuentra el taller de herramientas, que es administrado por el encargado de mantenimiento y contiene las siguientes herramientas;

Cuadro 1. Listado de herramientas

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Equipo de Soldadura	1
2	Pulidora de Disco	1
3	Pulidora de Piedra	1
4	Taladro	2
5	Banco de Prueba Eléctrica	1
6	Compresor de Pistón	1
7	Llave de Tubo	3
8	Serrucho de Madera	2
9	Serrucho de Metal	2
10	Llave Inglesa	10
11	Hombre solo	3

Cuadro 1. (Continuación)

Ítem	Descripción	Cantidad
12	Martillo	2
13	Macetas	2
14	Llaves Hexagonales	20
15	Flexómetro	3
16	Alicates	3
17	Ángulos	2
18	Bisturí	3
19	Cinceles	3
20	Espátulas	2
21	Llaves Allen	20
22	Destornillador de Estrella	4
23	Destornillador de Pala	4
24	Copas Hexagonales	10
25	Corta Fríos	3

El encargado actual de mantenimiento es el responsable del uso de cada herramienta que utilice al momento de realizar las reparaciones; cuando los operarios o mecánicos necesiten de las herramientas, estas son solicitadas directamente, teniendo en cuenta que no se lleva algún registro ni control de cada salida de herramienta.

1.6 REGISTRO DE INFORMACIÓN

Al buscar documentación e información de los equipos se encontró que es muy escasa, ya que en este momento solo algunos equipos tienen manuales; se maneja registro global de costo de mantenimiento, informes de mantenimiento realizados por contratistas y la información que tienen los operarios de cada área.

Las máquinas más nuevas tienen sus manuales y para algunas de ellas los contratistas tienen ciertos parámetros de manejo, donde se estipulan procedimientos de actividades para las fallas.

1.7 RECURSOS HUMANOS

El jefe de mantenimiento se encarga de que cada área esté en condiciones operativas y cada vez que se presentan fallas se toman acciones oportunas para solucionarlas. En cada área los operarios cumplen la función de limpiar los equipos y mantener informado al jefe de mantenimiento sobre los procedimientos que se requieran y observaciones de funcionamiento que se presenten en los equipos.

El nivel de preparación que tiene el personal en las operaciones de mantenimiento es su mayoría son técnicos profesionales, como lo es, técnico de mantenimiento, de soldadura y electricista.

1.8 COSTOS ACTUALES DE MANTENIMIENTO

La empresa no lleva una contabilidad, hasta el momento, del costo específico de mantenimiento que se requiere; se tiene un costo global de mantenimiento del año 2015 el cual fue de \$ 21.154.884 pesos colombianos. Entre estos gastos están incluidos lubricantes, repuestos, visitas de contratistas y costos de arreglos o reparaciones hechas internamente. No se tiene especificado por detalle de cada reparación, ni por cada equipo y tampoco se tiene destinado un presupuesto para el área de mantenimiento.

2. DESCRIPCION DE MÁQUINAS

La empresa Industrias Payasito S.A.S. está conformada por cuatro áreas donde se desarrolla el proceso de producción; para llevar a cabo una codificación e identificación eficiente, se asignará una sigla con referencia al área en que se encuentran los equipos, seguido de un código por cada máquina y un número de identificación por si se encuentran equipos de la misma referencia; este código define una organización secuencial de las actividades, formatos y todos los documentos que se aplican para este plan de mantenimiento.

2.1 LISTADO DE MÁQUINAS

El listado de las máquinas se elaboró tomando como referencia cada área donde se encuentran ubicadas según su línea de producción. Para tener una producción más factible, las maquinas se encuentran ubicadas en cuatro áreas estratégicas; estas áreas conciernen a los diferentes procesos de producción de vinilos, temperas, plastilina y pegante.

Las áreas se encuentran divididas por nombres según el proceso, lo cual permite una fácil identificación de las máquinas que están en cada área; en el siguiente cuadro se clasifican de manera general las máquinas y la función que cumplen en cada proceso.

Cuadro 2. Listado y clasificación de equipos

Área	Nombre de la máquina	Función
Plásticos	Inyectora 128js	Fabricación tapas de los vinilos
	Inyectora 128js	Fabricación envase plástico
	Inyectora PI1200j	Fabricación envase plástico
	Blower	Inyección- Soplado
	Molino 1	Trituración de sobrantes
	Molino 2	Trituración de sobrantes
	Molino 3	Trituración de sobrantes
	Mezcladora de Pigmentos	Homogenizar los compuestos para abastecimiento de las inyectoras
	Chiller (Eq. Aux)	Enfriador de plástico caliente inyectado
	Compresor de pistón (Eq. Aux)	Soplado (blower) y limpieza

Cuadro 2. (Continuación)

Área	Nombre de la máquina	Función
Fabricación	Bomba 1	Desplazamiento de pegante al tanque de llenado
	Bomba 2	Desplazamiento de témpera y vinilo a los tanques de llenado
	Tanque mezclador 1	Mezcla materias primas de vinilo colores primarios y secundarios
	Tanque mezclador 2	Mezcla materias primas de vinilo colores fluorescentes
	Tanque mezclador 3	Mezcla materias primas de pegante
	Tanque 4	Almacenamiento de alcohol para el pegante
	Tanque 5	Almacenamiento de aguas residuales de temperas y vinilos
	Compresor de tornillo- Tanq. Pulmón-Secador (Eq. Aux)	Llenadora automática y máquinas de plastilina
Planta	Llenadora automática	Llenado envases de tempera 6 colores
	Etiquetadora 1	Etiqueta envase redondo y envase plano
	Etiquetadora 2 (Reserva)	Etiqueta envase redondo y envase plano cuándo hay alta producción
	Empacadora	Empaquetado plástico de cajas con vinilos
	Termo-encogedora	Encoger el plástico del empaquetado para que tome la forma del producto
	Encintadora semi-automática	Sellar cajas
	Termoselladora	Sella bolsas empaquetado galón vinilo
Plastilina	14 cabezotes extrusores plastilina cilindro	Fabricación de plastilina en cilindro
	Banda transportadora	Transportar plastilina cilíndrica para empaque, uniendo lo 14 cabezotes
	4 cabezotes extrusores plastilina barra	Fabricación de plastilina en barra
	Banda transportadora	Transportar plastilina en barra para empaque, uniendo los 4 cabezotes
	Tanque mezclador	Mezcla materia prima de plastilina

2.2 DESARROLLO CODIFICACION DE MÁQUINAS

La codificación es un método que permite establecer un lenguaje común a un sistema de representación, estos códigos indican la clasificación de cada máquina en diferentes áreas facilitando la localización por cada proceso de la empresa; a continuación se presenta la codificación propuesta para este proyecto:

Figura 1. Propuesta codificación



- ✓ Primer carácter: Son las siglas designadas por cada área de proceso que se encuentra en la empresa.
- ✓ Segundo carácter: Corresponde a las iniciales de cada una de las máquinas.
- ✓ Tercer carácter: Si se localiza más de una misma máquina se enumera consecutivamente.

El criterio para la identificación individual de cada equipo se toma por las 3 primeras letras del nombre de la máquina, además de una sigla donde se encuentra ubicada en la empresa.

A continuación, se muestra la tabla con los equipos codificados:

Cuadro 3. Máquinas codificadas

Código área	Código máquina	Modelo	Manual o Catalogo(S/N)
APL	INY-001	HXF 128JS	Si
	INY-002	HXF 128JS	Si
	INY-003	PL1200J	Si
	SOPL-001	PGB5L	Si
	MOL-001	SG300F	No
	MOL-002	SG300F	No
	MOL-003	SG300F	No
	MEZC-001	--	No
	CHLL-001	SL15AK	No
	COMP-001	GRH3-30 ^a	No

Cuadro 3. (Continuación)

Código área	Código máquina	Modelo	Manual o Catalogo(S/N)
AFB	BOM-001	--	Si
	BOM-002	--	No
	TAN-001	Vinilo	No
	TAN-002	Vinilo	No
	TAN-003	Pegante	No
	TAN-004	Alcohol	No
	TAN-005	Aguas residuales	No
	COMP-002	--	No
APT	LLEN-001	--	No
	ETIQ-001	AXIOMATICA AX-A	Si
	ETIQ-002	--	Si
	SELL-001		No
	TERM-001		No
	ENCI-001		No
PLA	TOLC-001	--	Si
	BAN-001		No
	TOLB-002	--	Si
	BAN-002		No

3. FORMATOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO

Los formatos básicos de mantenimiento se diseñaron para el registro y control de todas las actividades que se ejecuten en cada una de las máquinas, con el propósito que la información registrada en estos formatos se encuentre a disposición del personal de mantenimiento.

3.1 FICHA TÉCNICA

Es un documento en el cual están descritas las características y condiciones técnicas de las máquinas, contiene los datos del fabricante dado el caso que la máquina presente inconvenientes.

En esta ficha se encuentra:

Nombre de la máquina, una fotografía para identificación, el código según la codificación propuesta, marca, dimensiones nominales de la máquina, largo, ancho y alto, peso nominal, ubicación, el número de serie, año de fabricación y la función que esta desempeña; también se encuentran las características técnicas como son; el lubricante, tipo de transmisión, la potencia y energía requerida.

En el formato 1 se muestra el ejemplo de la ficha técnica correspondiente a una máquina inyectora.

Formato 1. Ficha técnica

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MT-FO-01		
	FICHA TÉCNICA		Edición N° 001/16		
			Fecha: enero 2016		
			Pag 1 de 1		
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO					
					
NOMBRE	Inyectora 1	CODIGO	INY-01		
MARCA	HAIXING	DIMENSIONES (mm)	Largo 450	ancho 120	alto 200
MODELO	HXF128	PESO	4 Toneladas		
UBICACIÓN	APL	SERIE N°	12802413		
		AÑO	2011		
<p>FUNCIÓN: Son las máquinas mas críticas que se encuentran en el area de plasticos, dado que son las encargadas de proveer los envases para el área de envasado de la tempera.</p>					
DATOS SOBRE LA ENERGÍA REQUERIDA					
Potencia del motor 1	11 kw	Voltaje	220 v	Corriente	11 kw
Frecuencia	60 HZ	Revoluciones	200 rpm	Amperaje en Operación	
Potencia del motor 2	--	Voltaje	--	Corriente	--
Frecuencia	--	Revoluciones	--	Amperaje en Operación	
Potencia del motor 3	--	Voltaje	--	Corriente	--
Frecuencia	--	Revoluciones	--	Amperaje en Operación	
OTRAS ESPECIFICACIONES					
Lubricante	OMALAZZO	Transmision	Hidraulico		
Rodamientos					
DATOS DE ADQUISICIÓN					
Fecha Recepción	2011	Fecha de compra	2011	Orden de compra	
Empresa	KRUMTAP	Tiempo de garantía		Telefono	438 1777
Nombre de Contacto	Luis Valero	Dirección	Cra 71A No 63-18	Celular	310 215 7598

3.2 SOLICITUD DE TRABAJO

Es un formato en el cual se solicita la intervención de las máquinas según la programación de las actividades de mantenimiento, revelando una condición anormal que necesite ser corregida; este documento debe ir con la orden de trabajo correspondiente; puede ser diligenciada por el operario de la máquina o el jefe de producción.

Esta solicitud incluye:

Número de solicitud, fecha de la solicitud, nombre de la máquina, codificación correspondiente, descripción clara y precisa de la falla que presentó, información de quien solicita la intervención y de quien recibe la solicitud, en este caso el jefe de mantenimiento.

Formato 2. Solicitud de trabajo

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	MT-FO-02
		SOLICITUD DE TRABAJO	Edición N° 001/16 Fecha: enero 2016 Pag 1 de 1
N° DE SOLICITUD	FECHA	EQUIPO	CÓDIGO
001	09/08/2016	LLENADORA AUTOMÁTICA	APT-LLEN-01
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA			
La máquina presenta fallas constantes al momento de la inyección de la témpera			
tres de los 6 inyectores estan taponados y los otros inyectores evidencia			
cantidad de flujo excesivo presentando goteo.			
SOLICITANTE	Nombre: Oscar Molina		Firma de recibido
	Cargo: Jefe de producción		
	Tel.: 322 522 5242		
	Firma:		
			Nombre: Javier Jaramillo

3.3 ORDEN DE TRABAJO³

Son todas las instrucciones detalladas que se deben llevar a cabo por personal de mantenimiento, indicando una condición anormal de la máquina; en este documento se registran las actividades a ejecutar, considerando la prioridad de las solicitudes de trabajo.

La orden de trabajo incluye:

Las fechas establecidas para la ejecución del trabajo, la condición de ejecución si está dentro o fuera del cronograma, tipo de personal si es interno o externo de la planta, la respectiva codificación, nombre de la máquina, descripción del elemento que falló, lugar de ubicación, prioridad dependiendo la exigencia, el tipo de mantenimiento que se va a desarrollar si es correctivo, preventivo o predictivo, modo de detección de la falla si fue visual o con algún equipo adicional, el nivel de criticidad y el nombre de quien solicita.

Por otra parte, la relación de gastos toma en cuenta los parámetros por hora hombre estimado y real, igualmente se registran los procedimientos, el material necesario y el material que se utilizó en la labor con su respectivo costo.

Finalmente se realiza una descripción del trabajo ejecutado cerrando la orden de trabajo e indicando el elemento que falló, la causa inmediata de la falla y la acción consumada para solucionar el inconveniente.

³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Seguridad de Funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. ICONTEC, 1999 p15 (GTC62)

Formato 3. Orden de trabajo

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				MT-FO-03		
	ORDEN DE TRABAJO				Edición N° 001/16		
					Fecha: enero 2016		
					Pag 1 de 1		
ORDEN DE TRABAJO No	001	EQUIPO	LLENADORA AUTOM	CODIGO	APT-LLEN-01		
HORÓMETRO	--	TIPO DE PERSONAL		CENTRO DE COSTO	N/A		
MODO DE DETECCIÓN	Inspeccion	INTERNO <input checked="" type="checkbox"/>	EXTERNO <input type="checkbox"/>	ESTATUS	programado		
FECHA EJECUCIÓN	FECHA FINALIZACIÓN	HORA INICIO		HORA FINALIZACIÓN			
10/06/2016	10/06/2016	14:00		16:30			
PRIORIDAD				TIPO DE MANTENIMIENTO	CORRECTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	
ALTA	<input checked="" type="checkbox"/>	MEDIA	<input type="checkbox"/>		PREDICTIVO	<input type="checkbox"/>	
	BAJA	<input type="checkbox"/>			PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCIÓN DE TRABAJO							
TRABAJO A REALIZAR			TRABAJO REALIZADO				
Cambio de inyectores - O-ring			Se realizó limpieza a lo ductos conectados a los inyectores, se hace cambios de inyectores y O.ring				
MATERIALES/HERRAMIENTAS							
MATERIAL REQUERIDO			MATERIAL UTILIZADO				
Llaves, Destornilladores			Llaves, Destornilladores, teflon				
REPUESTOS							
Codigo Repuesto	Descripción			Cantidad	Utilizado S/N	Costo	
	O- ring			6	Si	6000	
	inyectores			6	Si	1.200.000	
HORAS HOMBRE							
		TI	TII	TIII	TIV	Total	Costo
Horas Estimadas			4		4	8	165000
Horas Reales							
OBSERVACIONES							
REALIZADO POR		REVISADO POR			RECIBIDO POR		
Carlos Garcia		Ing. Andres Benavides			Diana Diaz		
Técnico Mecánico		Ing. Mantenimiento			Jefe de Operaciones		

3.4 HOJA DE VIDA

En este documento se registran todas las labores de mantenimiento que se ejecutan a cada una de las máquinas durante su vida útil. Éste formato evidencia el comportamiento del equipo frente a la producción, almacena la información de las fichas técnicas, órdenes de trabajo, solicitudes de servicio y otros documentos.

En la hoja de vida se encuentra la información de todas las intervenciones, modificaciones, instalación, paradas, costos generales, el listado de órdenes de trabajo ejecutadas, pronosticando la recurrencia de la falla.

El formato contiene:

La codificación correspondiente por cada máquina, el nombre del equipo, el serial que se encuentra en la placa, marca, la fecha que debe corresponder a la orden de trabajo, el número de orden de trabajo, los procedimientos ejecutados, los tiempos de parada, tiempo de trabajo, costos de mano de obra y repuestos generando costo total de la falla.

La hoja de vida se elaboró en la base de datos apoyando la alimentación de los datos en el software.

4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Esta metodología permite jerarquizar los sistemas, instalaciones, máquinas y elementos de las máquinas presentes en la producción, de acuerdo con el impacto global que tengan, apoyando la toma de decisiones para la gestión del mantenimiento.

A partir de este análisis se espera conocer el área más crítica en la producción, valorada desde la parte operacional, dando una perspectiva de las acciones que se deben tomar en cada máquina para disminuir el número de mantenimientos correctivos.

El análisis de criticidad fija ciertos rangos que representan las frecuencias de ocurrencia de falla evaluando las consecuencias del proceso de producción.

4.1 METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD⁴

Se establecen las siguientes ecuaciones para evaluar las máquinas de la empresa según la criticidad que estas presenten:

Criticidad total = Frecuencia X Consecuencia de falla

$$CTR = FF \times C$$

Dónde:

CTR: Criticidad total por riesgo

FF: Frecuencia de fallas

C: Consecuencia de los eventos de fallos

Para evaluar la consecuencia de fallos se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = ((IO \times FO) + CM + SHA)$$

Dónde:

C: Consecuencia

IO: Impacto operacional

FO: Flexibilidad operacional

CM: Costos de mantenimiento

SHA: Impacto en seguridad, higiene y ambiente

⁴ PARRA LOPÉZ, Carlos Rolando, Mantenimiento centrado en confiabilidad, Sevilla, 2005

Cuadro 4. Matriz de riesgo

FRECUENCIA	4	SC	SC	C	C	C
	3	SC	SC	SC	C	C
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

La frecuencia de falla va de 4 a 1 siendo 4 el mayor número de frecuencia y las consecuencias se evalúan de 0 a 50 siendo 50 el mayor valor para las consecuencias

Cuadro 5. Rango de criticidad

Incidencia	Criticidad
0 a 30 (frecuencia 1) 0 a 20 (frecuencia 2)	No Crítico
31 a 40 (frecuencia 1) 21 a 40 (frecuencia 2) 0 a 30 (frecuencia 3) 0 a 20 (frecuencia 4)	Semi-crítico
41 a 50 (frecuencia 1 y 2) 31 a 50 (frecuencia 3) 21 a 50 (frecuencia 4)	Crítico

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

Para la evaluación de criticidad⁵ se definieron los tipos de criticidad que se dan en las máquinas:

- ✓ No crítico: máquina necesaria en el proceso mas no indispensable que no genera consecuencias significativas y se puede intervenir en cualquier momento.
- ✓ Semi-crítico: es una máquina que puede llegar a ser indispensable afectando los procesos de producción dado que la intervención no tiene que ser inmediata.
- ✓ Crítico: tiene mayor relevancia en el proceso generando paros en la línea de producción y se debe intervenir inmediatamente.

⁵ PARRA LOPÉZ, Carlos Rolando, Mantenimiento centrado en confiabilidad, Sevilla, 2005

Para el análisis de criticidad se tomaron en cuenta ciertos aspectos evaluados matemáticamente obteniendo como resultado una indicación del tipo de criticidad, como se muestra en el ejemplo:

Cuadro 6. Criticidad inyectora

Inyectora	Valor
Frecuencia	4
Impacto	7
Flexibilidad	4
Costos	2
Seguridad higiene ambiental	3

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

Ecuación total de criticidad:

$$\text{Consecuencia: } (7 * 4) + (2 + 3) = 33$$

$$\text{Total criticidad: } (33 * 4) = 132$$

Para el desarrollo de la tabla de criticidad se definen los siguientes conceptos:

- ✓ Frecuencia de fallas(F): es el número de veces que se registra una falla en una máquina durante un periodo de tiempo determinado. En este caso el periodo de tiempo fue de un año asignando un valor de acuerdo a la frecuencia de falla.

Cuadro 7. Frecuencia de falla

Frecuencia de falla		Valor
Alta	Más de una falla a la semana	4
Promedio	Más de una falla al mes	3
Baja	Menos de una falla al mes	2
Muy baja	Hasta de 5 fallas al año	1

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

- ✓ Impacto Operacional(IO): este criterio es evaluado a partir de como una falla afecta las máquinas y las líneas de producción dependiendo su nivel de criticidad. Se determinaron los siguientes rangos:

Cuadro 8. Impacto operacional

Impacto Operacional	Valor
Pérdida Total de Producción	10
Pérdida Parcial con posible recuperación	7
Paro parcial en la línea	4
Bajo impacto en la producción	1

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

- ✓ Flexibilidad Operacional(FO): determina si una máquina resuelve fácilmente los inconvenientes durante su proceso operacional y si cuenta con una respuesta rápida a la necesidad de repuestos.

Cuadro 9. Flexibilidad operacional

Flexibilidad Operacional	Valor
Parada de la producción sin alternativa de repuesto	4
Parada de la producción con opción de repuesto local	2
Disponibilidad de repuesto en stock	1

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

- ✓ Costo de mantenimiento(CO): valor necesario disponible para las reparaciones de la máquina; para determinar los valores en este ítem se hizo necesario recopilar los datos del jefe de compras y el encargado de mantenimiento.

Cuadro 10. Costos de mantenimiento

Costos de mantenimiento	Valor
Mayor o igual a 5.000.000	2
Menor a 5.000.000	1

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

- ✓ Seguridad higiene ambiental (SHA): determina los impactos que genera la falla en una máquina teniendo en cuenta aquellos factores que afectan el ambiente, la salud y la seguridad del personal.

Cuadro 11. Seguridad higiene ambiental.

Seguridad higiene ambiental	Valor
Afecta la seguridad interna y externa	8
Afecta el ambiente de las instalaciones	7
Afecta las instalaciones	5
Provoca daños menores en el ambiente	3
No provoca ningún tipo de daño ambiental	1

Fuente: Parra Carlos. Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en un sistema de producción. Sevilla. 2005

4.2 NIVEL DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Con la información recopilada se determinó el tipo de criticidad para determinar las acciones necesarias en cada máquina y no afectar la producción. De acuerdo a cada resultado descrito, se define en color rojo las máquinas que presentan alta criticidad en la planta, el color amarillo representa media criticidad y el color azul no crítico

Cuadro 12. Criticidad de la planta

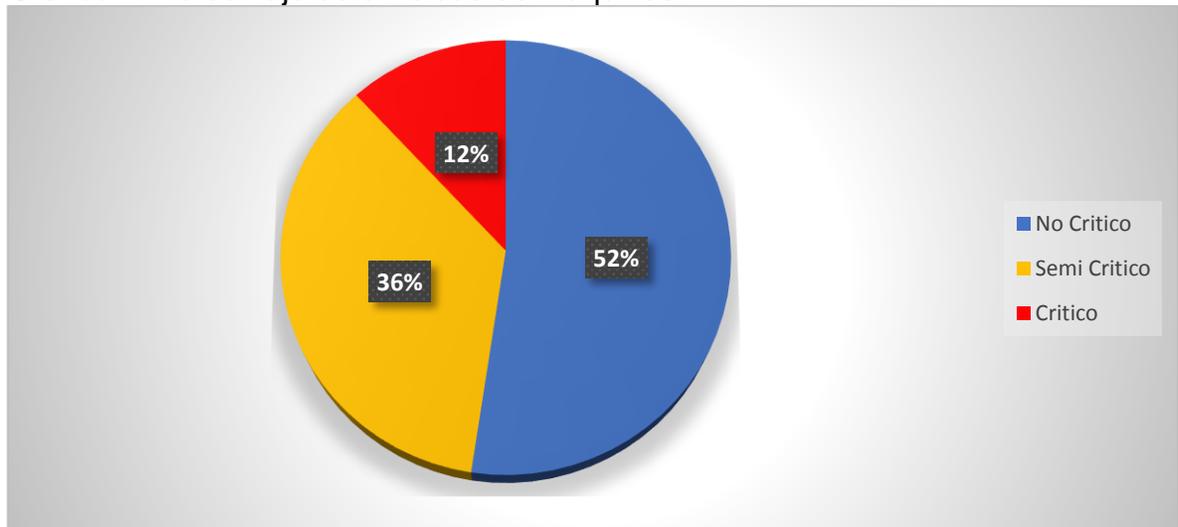
NOMBRE DE MÁQUINA	CODIFICACIÓN	F	IO	FO	CM	SHA	C	TOTAL
INYECTORA 1	INY-001	4	7	4	2	3	33	132
INYECTORA 2	INY-002	4	7	4	2	3	33	132
INYECTORA 3	INY-003	4	7	4	2	3	33	132
SOPLADORA	SOP-001	4	7	4	2	3	33	132
MOLINO 1	MOL-01	1	1	2	1	1	4	4
MOLINO 2	MOL-02	1	1	2	1	1	4	4
MOLINO 3	MOL-03	1	1	2	1	1	4	4
MEZCLADORA PIGMENTOS	MEZ-001	1	1	2	1	1	4	4
CHILLER	CHI-001	1	4	2	2	3	13	13
COMPRESOR DE PISTÓN	COM-001	2	1	1	1	3	5	10
BOMBA DE TEMPERA 1	BOM-001	1	4	2	1	3	12	12
BOMBA DE TEMPERA 2	BOM-002	1	4	2	1	3	12	12
BOMBA DE PEGANTE	BOM-003	1	4	2	1	3	12	12
TANQUE 1	TAN-001	2	1	2	2	1	5	10
TANQUE 2	TAN-002	2	1	2	2	1	5	10
TANQUE 3	TAN-003	2	1	2	2	1	5	10
TANQUE 4	TAN-004	2	1	2	2	1	5	10
TANQUE 5	TAN-005	2	1	2	2	1	5	10
COMPRESOR DE PULMÓN	COMP-001	1	4	1	2	3	9	9
LLENADORA	LLE-001	4	7	4	1	3	32	128
ETIQUETADORA 1	ETI-001	2	4	2	2	1	11	22
ETIQUETADORA 2	ETI-002	2	4	2	2	1	11	22
SELLADORA	SEL-001	2	4	2	1	1	10	20
TERMOENCOGEDORA	TER-001	2	4	2	1	1	10	20
ENCINTADORA	ENC-001	2	4	2	1	1	10	20
TOLVA CILINDRICA 1	TOLC-001	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILINDRICA 2	TOLC-002	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILINDRICA 3	TOLC-003	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILINDRICA 4	TOLC-004	2	4	4	1	1	18	36

Cuadro 12. (Continuación)

NOMBRE DE MÁQUINA	CODIFICACIÓN	F	IO	FO	CM	SHA	C	TOTAL
TOLVA CILÍNDRICA 5	TOLC-005	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 6	TOLC-006	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 7	TOLC-007	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 8	TOLC-008	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 9	TOLC-009	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 10	TOLC-010	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 11	TOLC-011	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 12	TOLC-012	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 13	TOLC-013	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA CILÍNDRICA 14	TOLC-014	2	4	4	1	1	18	36
TOLVA EN BARRA	TOLB-001	2	4	4	1	1	18	36
BANDA DE TRANSPORTE 1	BAN-001	1	4	2	1	1	10	10
BANDA DE TRANSPORTE 2	BAN-002	1	4	2	1	1	10	10

Establecido los niveles de criticidad en la planta se observa el estado general del análisis por medio de un diagrama circular y la tabla 2. Se muestran los porcentajes de las máquinas críticas, semi-críticas y no críticas:

Gráfico 1. Porcentaje de criticidad de máquinas



El gráfico representa a las 42 máquinas de la empresa y los niveles de criticidad que se presentan en la planta.

Cuadro 13. Nivel de criticidad

Nivel de criticidad	Número de máquinas	Porcentaje %
No critico	22	52
Semi Critico	15	36
Critico	5	12
Total	42	100

4.3 ANÁLISIS DE FALLA⁶

El análisis de falla se utiliza para detectar anticipadamente los posibles modos de falla de la máquina y para establecer las tareas necesarias que permitan evitar paros. La combinación de varios factores que determinan una falla se dividen en dos grupos, fallas funcionales y fallas técnicas.

Especificadas las fallas individuales de cada máquina, se determinó el estado actual de estas y se establecieron las acciones para la solución de las fallas detectadas. Para ese análisis fue necesario tener la información de los manuales de operación de las máquinas, apoyado por los operarios y jefes de cada área de la empresa. Con estos datos se estableció el origen de las fallas de la manera más precisa y así encontrar la solución más confiable.

4.3.1 Clasificación tipos de fallas⁷, la falla funcional es aquella que presenta un problema en la operatividad de la máquina generando un paro total en la producción y no está en la capacidad de satisfacer un funcionamiento deseado en la empresa. Este tipo de fallas representan mayores problemas para la empresa generando paros totales creando retrasos en la producción.

Las fallas técnicas son aquellas que evidencian los problemas por la inadecuada instalación, operación y mantenimiento; donde las maquinas no operan en las condiciones de fábrica. Estas fallas representan falta de pericia de los operarios y problemas de en la instalación de la máquina.

Se realizó un seguimiento a los equipos críticos, este procedimiento desarrolló la identificación de los principales tipos de fallas y sus posibles causas. Entre estos se encuentran; del área de plásticos, las inyectoras y el soplador y en el área de producto terminado se encuentra la llenadora.

⁶ Tesis Industrias Spring S.A.

⁷ Bocanegra Víctor, Aplicación del RCM a Equipos de la empresa GYE, tesis México 2010

Para las inyectoras se dividieron cuatro sistemas donde se pueden establecer las fallas:

- ✓ Sistema hidráulico: este sistema está conformado por el equipo de bombeo, mangueras y válvulas de aceite.
- ✓ Sistema mecánico: está conformado por cilindro de dosificación, barra guía, placa móvil, molde, placa fija, cañón, husillo, válvula de protección y unidad de inyección.
- ✓ Sistema eléctrico: este sistema está compuesto por las instalaciones eléctricas y la unidad de control.
- ✓ La llenadora de tempera es la máquina más crítica de la empresa, esta máquina se divide en tres sistemas:
 - ✓ Sistema neumático: está conformado por las partes electro neumáticas que utilizan aire para la transmisión de potencia.
 - ✓ Sistema mecánico: está conformado por la cinta de transporte, tolva de tapas y envase.
 - ✓ Sistema eléctrico: este sistema está compuesto por las instalaciones eléctricas y la unidad de control.

Cuadro 14. AMEF inyectora

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Inyectora	Hidráulico	Bomba Hidráulica	bombear aceite a 160 bar y 13 kw	Incapaz de bombear el fluido	Desgaste en los pistones de la bomba	No se evidencia el cierre del molde afectando la producción	Ninguno	Verificar las presiones y potencia de la bomba
				Pérdida de potencia	Aceite de mala calidad			Inspeccionar y verificar pistones
					Filtro lleno de impurezas			Cambiar filtro de aceite
	Mangueras	Trasporte de fluido para el movimiento del molde a 45°C y 160 bar	Incapaz de realizar el cierre del molde a la presión de trabajo adecuada	Deterioro interno por cambios de presión y temperatura	Fugas por causa de uso	No se evidencia el cierre del molde afectando la producción	Ninguno	Verificar las presiones y temperatura a la salida de la bomba
				Inspeccionar y verificar fugas				
	Mecánico	Boquilla	Llenado del molde	Incapaz de llenar el molde	Boquilla inadecuada o muy estrecha	Deformación del material en el molde, no hay producto terminado	Ninguno	Cambiar la boquilla
Exceso de materia prima a la salida de la boquilla				Desgaste de la boquilla				
Tolva		Cargar el material al cilindro de plastificación 214 cm3	Incapaz de alimentar el cilindro de plastificación	Garganta de la tolva obstruida	No hay carga de material a los moldes, no se completa la producción	Ninguno	1. Limpiar la garganta de la tolva 2. verificar el estado del soplador	

Cuadro 14. (Continuación)

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Inyectora	Mecánico	Tolva	Cargar el material al cilindro de plastificación 214 cm ³	Incapaz de alimentar el cilindro de plastificación	Garganta de la tolva obstruida	No hay carga de material a los moldes, no se completa la producción	Ninguno	1. Limpiar la garganta de la tolva 2. Verificar el estado del soplador
		Husillo	Trasporte de 214 cm ³ de materia prima al molde	Incapaz de inyectar el polímero	Agarrotamiento de rodamientos	deformación del material en el molde, incompleto	Ninguno	Reducir la temperatura de proceso
					Desgaste del tornillo sin fin	Puntos negros en el material, producto defectuoso para el cliente		
		Cilindro de planificación	Fundir la materia prima de la tolva para ser transportada por el husillo 210°C	Incapaz de fundir la materia prima en su totalidad	Daño en las resistencias que funden la materia prima	Piezas granuladas, producto defectuoso para el cliente	Ninguno	Verificación de funcionamiento de las resistencias. Cambio de las resistencias en mal estado Disminución de la temperatura de operación
					Se evidencia quema de la materia prima	Termocuplas mal instaladas dando error de lectura de temperatura		
		Placas de molde	Realiza el cierre del molde	No hay cierre en los moldes	Desgaste del molde	Imperfectos en el conformado del molde, piezas con grietas, no se lleva a cabo producción completa	Ninguno	Hacer revisión semanal en el cierre de las placas y el estado del molde
		Molde	Define la figura del conformado	Fugas de plástico fundido	Desgaste en el molde	Difícil extracción de la pieza del molde, demora en tiempos de producción	Ninguno	Rectificar la superficie del molde. Cambiar molde en última instancia
					Diseño deficiente del molde	Ruptura o piezas con grietas, afecta la producción		
					Molde desajustado	Molde des calibrado para el cierre		

Cuadro 14. (Continuación)

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Inyectora	Eléctrico	Electro-válvula	Apertura y cierre del molde móvil con una presión de 160 bar	No se realiza el correcto cierre ni apertura del molde móvil	Desgaste de las partes internas de la válvula 2) la bomba no envía la suficiente presión	El material no toma la forma del molde, causando imperfectos en el producto	Ninguno	1. Verificar la cantidad de flujo que envía la bomba a la presión especificada 2. Verificar y limpiar la válvula. 3. Cambiar válvula completa e iniciar el proceso.
		Unidad de Control	Controla el sistema del equipo	inconvenientes al encender la máquina	Componentes electrónicos en mal estado	No se enciende el equipo	Ninguno	Revisiones periódicas de la unidad de control, fusibles y componentes electrónicos
	Enfriamiento	Unidad de acoplamiento	Se encarga de la refrigeración del aceite hidráulico a condiciones de operación de 45-50°C	Incapaz de enfriar el fluido hidráulico a la temperatura de operación	Desgaste de los sellos	Mezcla de fluidos	Ninguno	Reemplazar sellos y ajustar nuevamente
					Desalineación de bridas	Se evidencias goteos de fluido		Alineación de bridas y evidenciar la ausencia de goteo
					Suciedad en los tubos	Obstruye la transferencia de calor		Lavar las tuberías para corregir la falta de Transferencia de calor

Cuadro 15. AMEF Llenadora

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Llenadora	Mecánico	Electro-válvula	Controla el paso de la tempera a una presión mínima de 6 bar	No se llega suficiente material a los inyectores	Desgaste de las partes internas de la válvula	El material no llena los envases de tempera, no se completa la producción	Ninguno	Verificar la cantidad de flujo que envía la bomba a la presión especificada
								Verificar y limpiar la válvula.
								Cambiar válvula completa e iniciar el proceso.
		Motor Cruz de malta	Transforma energía eléctrica en movimiento 1620 rpm	La cruz de malta realiza el movimiento con dificultad	Desgaste en motor	Hay descoordinación en el sistema de cierre, producto mal terminado	Ninguno	Revisar cada seis meses o cada 1200 horas de trabajo el embobinado del motor
Cilindro Neumático	Controla la inyección de aire a una presión 120 psi	Atascamiento en el cilindro	Falta de Lubricación en el cilindro	No llega aire a al electro-válvula, afecta la producción programada	Ninguno	Mantener el cilindro neumático con lubricación y revisar la mirilla de presión que se mantenga entre 120 psi y 130 psi.		
Inyectores	Inyecta tempera a razón de 54 de unidades por minuto	Taponamiento en el inyector	Obstrucción de materia prima en el inyector o Desgaste en los empaques del inyector	No llega la cantidad de materia prima necesaria al envase para ser llenado, defectos del producto al cliente	Ninguno	Desmontar inyectores mensualmente, realizando verificación de su funcionamiento		
		No se acciona el inyector	No llega la señal de accionamiento	No hay llenado de materia prima, retrasando la producción	Ninguno	Verificación que las mangueras estén en buen estado y revisar el sistema neumático que la presión sea de mínimo 120 psi		

Cuadro 15. (Continuación)

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Llenadora	Mecánico	Tolva de envase	Dispensar el envase a la maquina a razón de 54 envases por minuto	No llegan envases a la línea de llenado	Atascamiento en la salida de la tolva	No se evidencia envase en la línea de llenado generando retrasos en la producción	Ninguno	Realizar limpieza cada 20 horas de trabajo a la tolva y ajustar la cruz de malta
		Tolva de tapas	Dispensa las tapas en la línea de llenado a Razón de 54 tapas por minuto	No llegan tapas a la línea de llenado	Atascamiento en la salida de la tolva	El envase pasa la línea si ser cerrado, retraso en la entrega final del producto	Ninguno	Realizar limpieza cada 20 horas de trabajo a la tolva.
		Sujetador de envase	Sostienen los envases para ser cerrados a razón de 20 psi	Resbala el envase en los sujetadores	Desgaste del material de los sujetadores	No se evidencia el adecuado cierre en el envase retrasando la entrega del producto	Ninguno	Verificar que la presión no baje de 1200 psi de presión. Cambiar este sujetador cada 800 horas de trabajo
		Cruz de malta	Mueve 54 envases por minuto al sujetador	Falta de sincronización en el sellado de los envases	Deterioro en la leva de la cruz de malta	Atascamiento en el movimiento producto mal terminado	Ninguno	Revisar y limpiar la leva cada 120 horas de trabajo y comprobar su estado por medio de líquidos penetrantes. Cambiar esta leva cada 600 horas de trabajo.
	Atascamiento en la cruz de malta			Deterioro en el tornillo guía de rotación de la cruz	Errores de sincronización para el sellado, producto defectuoso	Ninguno	Revisar y limpiar el tornillo guía cada 40 horas de trabajo y cambiarlo cada 200 horas de trabajo.	
	Eléctrico	PLC	Coordina el sistema neumático	No se acciona el cilindro neumático	Error de configuración en el PLC	No se inyecta la tempera generando fallo en la producción	Ninguno	Revisar unidad eléctrica de la máquina y cambiar fusibles anualmente

Cuadro 16. AMEF Sopladora

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Blower (sopladora)	Hidráulico	Bomba Hidráulica	Bombear aceite a 160 bar y 13 kw	Incapaz de bombear el fluido	Desgaste en los pistones de la bomba	No se evidencia el cierre del molde afectando la producción	Ninguno	Verificar las presiones y potencia de la bomba
				Pérdida de potencia	Aceite de mala calidad			Inspeccionar y verificar pistones
					Filtro lleno de impurezas			Cambiar filtro de aceite
		Mangueras	Trasporte de fluido para el movimiento del molde a 45°C y 160 bar	Incapaz de realizar el cierre del molde a la presión de trabajo adecuada	Deterioro interno por cambios de presión y temperatura	No se evidencia el cierre del molde, no hay producto terminado	Ninguno	Verificar las presiones y temperatura a la salida de la bomba
	Fugas por causa de uso	Inspeccionar y verificar fugas						
	Mecánico	Boquilla	Llenado del molde	Incapaz de llenar el molde	Boquilla inadecuada o muy estrecha	Deformación del material en el molde, producto no entregado al cliente	Ninguno	Cambiar la boquilla
					Exceso de materia prima a la salida de la boquilla			
		Aguja de soplado	Inyectar aire a 0.7 Mpa	Incapaz de soplar el material inyectado	El interruptor de proximidad no se acciona	No se evidencia el movimiento de la aguja, parando la producción	Ninguno	Ajustar el interruptor de proximidad
Falta de presión de aire al momento de soplado					No hay soplado en el material causando deformación y demora en tiempos de producción	Ninguno	Verificar la presión de los sopladores de la máquina y realizar limpieza de cada uno de ellos	

Cuadro 16. (Continuación)

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Blower (sopladora)	Mecánico	Cuchilla	Corte de envoltura hueca a 200°C	No se evidencia el corte correcto	Falla en calibración y temperatura de corte	No se evidencia el correcto corte por tal motivo produce falla al momento del soplado causando retrasos en entrega de producto	Ninguno	Verificar cilindro de corte y conexiones de la cuchilla, realizar limpieza frecuente
		Tolva	Cargar el material al cilindro de plastificación	Incapaz de alimentar el cilindro de plastificación	Garganta de la tolva obstruida	No hay carga de material a los moldes	Ninguno	Limpiar la garganta de la tolva
		Husillo	Trasporte de 214 cm3 de materia prima al molde	Incapaz de inyectar el polímero	Agarrotamiento de rodamientos	deformación del material en el molde, incompleto	Ninguno	Reducir la temperatura de proceso
					Desgaste del tornillo sin fin	Puntos negros en el material		
		Cilindro de planificación	Fundir la materia prima de la tolva para ser transportada por el husillo 210°C	Incapaz de fundir la materia prima en su totalidad	Daño en las resistencias que funden la materia prima	Piezas granuladas	Ninguno	Verificación de funcionamiento de las resistencias. Cambio de las resistencias en mal estado
					Se evidencia quema de la materia prima	Termocuplas mal instaladas dando error de lectura de temperatura		Piezas con puntos negros
		Placas de molde	Realiza el cierre del molde	No hay cierre en los moldes	Desgaste del molde	Imperfectos en el conformado del molde, piezas con grietas	Ninguno	Hacer revisión semanal en el cierre de las placas y el estado del molde

Cuadro 16. (Continuación)

Equipo	Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa)	Efecto de la falla	Controles actuales	Acciones recomendadas
Blower (sopladora)	Mecánico	Molde	Define la figura del conformado	Fugas de plástico fundido	Desgaste en el molde	Difícil extracción de la pieza del molde	Ninguno	Rectificar la superficie del molde. Cambiar molde en última instancia
					Diseño deficiente del molde	Ruptura o piezas con grietas		
				Molde desajustado	Molde descalibrado para el cierre	Piezas con rebaba		
	Eléctrico	Electro-válvula	Apertura y cierre del molde móvil con una presión de 160 bar	No se realiza el correcto cierre ni apertura del molde móvil	1) Desgaste de las partes internas de la válvula 2) la bomba no envía la suficiente presión	El material no toma la forma del molde, causando imperfectos en el producto	Ninguno	1. Verificar la cantidad de flujo que envía la bomba 6m/s. 2. Verificar y limpiar la válvula. 3. Cambiar válvula completa e iniciar el proceso.
		Unidad de Control	Controla el sistema del equipo	Inconvenientes al encender la máquina	Componentes electrónicos en mal estado	No se enciende el equipo	Ninguno	Revisiones periódicas de la unidad de control, fusibles y componentes electrónicos
	Enfriamiento	Unidad de acoplamiento	Se encarga de la refrigeración del aceite hidráulico a condiciones de operación de 45-50°C	Incapaz de enfriar el fluido hidráulico a la temperatura de operación	Desgaste de los sellos	Mezcla de fluidos	Ninguno	Reemplazar sellos y ajustar nuevamente Alineación de bridas y evidenciar la ausencia de goteo Lavar las tuberías para corregir la falta de Transferencia de calor
					Desalineación de bridas	Se evidencias goteos de fluido		
					Suciedad en los tubos	Obstruye la transferencia de calor		

4.3.2. Resultados del Análisis de Fallas. Terminado el estudio sobre cada una de las máquinas críticas, se logró determinar la causa de fallo de éstas, donde la falta de ciertas tareas repetitivas de mantenimiento no garantiza el óptimo funcionamiento, ocasionando paros y acorde con la información del AMEF se planean actividades correctivas para prevenir ocurrencias.

4.3.3 Análisis de mantenimiento de máquinas semi-críticas. Al realizar el análisis de las máquinas críticas y crear el plan de mantenimiento para estos mismos, se desarrollaron actividades para evitar que los equipos semi críticos se conviertan en críticos. Con el análisis de criticidad se pudo concluir que el 36% que equivalen a 15 equipos son semi críticos, estableciendo ciertas actividades que mejorarían las condiciones de estos mismos.

Posibles fallas en tolvas

- ✓ Atascamiento en tolva
- ✓ No hay salida de material
- ✓ Obstrucción en la tolva
- ✓ Falla del motor de la tolva

Checklist tolva

- ✓ Comprobar estado de las paredes de la tolva
- ✓ Comprobar estado del rodillo extrusor
- ✓ Comprobar estado de conexiones eléctricas
- ✓ Comprobar estado del motor

Puntos clave de Inspección

- ✓ Inspeccionar cada 12 horas la boquilla de tolva, suciedades o sobrantes
- ✓ Inspeccionar cada 12 horas el rodillo de extrusión, suciedades o sobrantes
- ✓ Inspeccionar cada 100 horas de trabajo el eje de rotación del rodillo
- ✓ Inspeccionar el motor cada 500 horas
- ✓ Inspeccionar cadena cada 100 horas de trabajo
- ✓ Inspeccionar piñones cada 200 horas de trabajo

Ajuste y Limpieza

- ✓ Cada turno al finalizar debe limpiar las paredes de la tolva con aditivos especiales para evitar contaminación en la plastilina.
- ✓ El rodillo extrusor se debe limpiar cada 100 horas de trabajo con aditivos especiales para evitar la contaminación del producto final.
- ✓ Se debe ajustar el eje del motor cada 400 horas de trabajo

- ✓ Se debe ajustar el rodillo extrusor cada 400 horas de trabajo
- ✓ Una vez al año se debe revisar el motor de la tolva
- ✓ Revisión del dentado de las poleas cada 400 horas de trabajo
- ✓ Revisión de la cadena de transmisión de movimiento cada 1000 horas de trabajo

Lubricación

- ✓ Lubricar rodillo extrusor cada 80 horas de trabajo
- ✓ Lubricar cadenas de transmisión cada 100 horas de trabajo
- ✓ Lubricar rodamiento de motor cada 200 horas de trabajo
- ✓ Lubricar piñones de transmisión de movimiento cada 200 horas de trabajo

Esto se debe implementar para las 15 tolvas de extrusión de plastilina ya que sus mecanismos son todos idénticos.

5. PLAN DE MANTENIMIENTO

El desarrollo del plan de mantenimiento se enfocó en aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas. Se implanto un plan de mantenimiento preventivo, que a largo plazo es la forma más rentable de mantener las máquinas en las mejores condiciones, obteniendo una alta disponibilidad; se diseñaron acciones y protocolos obteniendo un mayor beneficio de las máquinas, se crearon tareas diarias, semanales y mensuales que se socializaron con el personal de la empresa.

El plan se desarrolló de acuerdo con las necesidades de la empresa y reportes suministrados por los operarios de las máquinas, en trabajo conjunto con el encargado de mantenimiento y los jefes de área. Se estipula el desarrollo bajo los parámetros de inspección, lubricación, limpieza y ajuste.

Para las máquinas semicríticas y no críticas se dispone de un check-list de trabajo que garantiza que estas máquinas no se tornen a críticas, se supervisaran puntos de ajuste, limpieza y lubricación respectivamente.

5.1 PLAN SISTEMÁTICO DE INSPECCIÓN

La inspección es una tarea de reconocimiento que sirve para determinar el estado actual de la máquina y así poder comprobar en qué momento es necesario cambiar alguna pieza o si es necesario realizar algún tipo de ajuste, lubricación, limpieza y todo el conjunto de acciones encaminadas a reducir la cantidad de posibles fallas que puedan generarse en una máquina.⁸

La inspección para cualquier método de mantenimiento es indispensable ya que de acuerdo con el análisis que se desarrolle en la inspección a una máquina, se tomará la acción más efectiva para resolver una falla o se diseñará una estrategia para evitar fallas.

Se determinaron los puntos claves de inspección de acuerdo con la información obtenida de los manuales de operación de la máquina, de los operarios, el jefe de mantenimiento y los formatos AMEF.

Después de la recopilación de datos se diseñaron las rutas de inspección de acuerdo con la frecuencia que requieren los componentes de las máquinas, el número de componentes que se deben inspeccionar y la actividad a realizar en la inspección.

⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Seguridad de Funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. ICONTEC, 1999 p15 (GTC62)

Para llevar a cabo el programa de inspección es necesario el uso de un formato que facilite las actividades que se deben ejecutar en cada máquina, teniendo en cuenta los elementos que éstas contienen.

De acuerdo con la consulta realizada al personal de la planta y al jefe de mantenimiento; se fijan las frecuencias de inspección a cada máquina, las cuales son:

Cuadro 17. Frecuencias

Periodo	Código
Mensual	F4
Trimestral	F13
Semestral	F26
Anual	F52

Los puntos claves de inspección son cada una de las actividades que permiten determinar la condición actual de cada máquina, estas inspecciones pueden ser sensoriales (humano) o por medio de instrumentos que faciliten la recolección de datos, dando un diagnostico general.

A continuación, se encuentra un ejemplo de ruta de inspección para un equipo crítico donde se estipulan: la frecuencia, los elementos a inspeccionar y el procedimiento que se debe realizar para las inyectoras de plástico y se fijan las siguientes frecuencias en que el personal y el encargado de mantenimiento de la planta realizaran las actividades programadas.

Formato 5. Puntos clave de inspección

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	MT-FO-05
		Edición N° 001/16
	PUNTOS CLAVE DE INSPECCIÓN	Fecha: enero 2016
		Pag 1 de 1
Máquina:	INYECTORA	Código: APL-INY-001

Sistema	R=Ruta	Ítem	Detalles Inspección	Limite	Observaciones
	F=Frec.				
	T=Tiempo				
HI (Hidráulico)	R=1 F=4 T=30	1	Estado del aceite Hidráulico	Muestreo a 65°C	Nivel de acidez
		2	Estado del filtro de aceite	≥ 160 bar de presión	La presión disminuirá
	R=2 F=13 T=20	1	Alcalinidad de aceite	75 mg/L	Presión de Ventilación
	R=4 F=52 T=20	1	Estado de la bomba hidráulico	≥ 160 bar de presión	Presión de trabajo
ME (Mecánico)	R=1 F=4 T=40	1	Ventilador de tolva	≥ 2,750 m ³ /h	Flujo de aire
		2	Nivel de acides del agua	≤ 2,5	Concentración de iones
	R=2 F=13 T=30	1	Presión en la placa de moldeo	≥ 160 bar de presión	Presión de cierre
		2	Filtro de ventilación	≥ 9 mm c.d.a.	Presión de Ventilación
	R=3 F=26 T=20	1	Termocuplas del husillo	≥ 216°C	Temperatura de trabajo
		2	Cilindro de husillo	≥ 100 bar de presión	Presión de cierre
EL (Eléctrico)	R=1 F= 4 T=30	1	Consumo del motor de sellado	13 Kw	
		2	Amperaje en el motor	1,08A	Multímetro
		3	Voltaje de funcionamiento	220 V	Multímetro
	R=2 F=13 T=20	1	Inspeccionar Filtro del armario eléctrico	Limpio	
		2	Inspeccionar cables expuestos	Limpio	
	R=3 F=26 T=20	1	Inspeccionar y reemplazar fusibles	Reemplazar	
2		Inspeccionar manómetros y sensores	Funcionamiento		

5.1.1 Matriz de tiempos de inspección. La realización de esta matriz permite la distribución de los tiempos necesarios para inspeccionar cada sistema en un número determinado de rutas. A continuación, se muestra la matriz de tiempos, dando a conocer que tiempo demora realizar la inspección y con qué frecuencia se debe ejecutar.

Los colores representan la distribución de los tiempos, en un número determinado de rutas de inspección.

Cuadro 18. Matriz de tiempos de inspección

Código	F4	F13	F26	F52
APL-INY-001-HI	30	20		20
APL-INY-001-ME	40	30	20	
APL-INY-001-EL	30	20	20	
APL-INY-002-HI	30	20		20
APL-INY-002-ME	40	30	20	
APL-INY-002-EL	30	20	20	
APL-INY-003-HI	30	20		20
APL-INY-003-ME	40	30	20	
APL-INY-003-EL	30	20	20	
APL-SOP-001-HI	35	30		35
ALP-SOP-001-ME	50	40	25	
APL-SOP-001-EL	30	25	30	
APT-LLE-001-ME	35	40	30	
APT-LLE-001-EL	30	20		
TOTAL	480	365	205	95

5.1.2 Balance de tiempos de inspección. El balance de tiempos de inspección determina el tiempo necesario para realizar la inspección a las máquinas por cada semana del año, garantizando la distribución y la ejecución acorde a los puntos clave.

El numero en rojo representa el número de rutas que corresponden a cada semana de acuerdo con las actividades designadas.

Cuadro 19. Matriz de balance de tiempos de inspección

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F 4	130 ¹	140 ²	115 ³	95 ⁴	130	140	115	95	130	140	115	95	130
F13			70 ⁵	50 ⁶			70 ⁷	50 ⁸	65 ⁹			60 ¹⁰	
F 26	60 ¹¹				60 ¹²						85 ¹³		
F52		20 ¹⁴		20 ¹⁵				20 ¹⁶					35 ¹⁷
Total (min)	190	160	185	165	190	140	185	165	195	140	200	155	165

Semana	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
F4	140	115	95	130	140	115	95	130	140	115	95	130	140
F13			70	50			70	50	65			60	
F 26													
F52													
Total (min)	140	115	165	180	140	115	165	180	205	115	95	190	140

Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
F4	115	95	130	140	115	95	130	140	115	95	130	140	115
F13			70	50			70	50	65			60	
F 26		60				60				85			
F52													
Total (min)	115	155	200	190	115	155	200	190	180	180	130	200	115

Semana	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
F4	95	130	140	115	95	130	140	115	95	130	140	115	95
F13			70	50			70	50	65			60	
F 26													
F52													
Total (min)	115	130	210	165	115	130	210	165	160	150	140	175	130

Se determinó la cantidad de rutas a ejecutar, según su frecuencia: para las mensuales 4, para las trimestrales 6, para las semestrales 3, y para anuales 4 obteniendo un total de 17 Rutas de Inspección a ejecutar en un año.

5.1.3 Ruta de Inspección. Se elabora de acuerdo con la orientación que se le da al personal sobre la ruta que deben seguir para realizar las operaciones de inspección y así reconocer el estado de las máquinas.

El formato contiene un calendario anual, que describe cada una de las semanas en las que se han de realizar dichas actividades, donde se resaltan las semanas para ejecutar cada una de las tareas de inspección, ya sean mensuales que

corresponden a 4 semanas, trimestrales que son 13 semanas y semestrales cada 26 semanas. La ruta que se encuentra a continuación, indica las actividades a realizar mensualmente con el tiempo aproximado para su labor.

Formato 6. Ruta de Inspección

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MT-FO-05
			Edición N° 001/16
	Ruta de Inspección 1		Fecha: enero 2016
			Pag 1 de 1
Frecuencia: 4	TIEMPO: 2 hora 10 minutos	<p style="text-align: center;">1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13</p> <p>14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26</p> <p>27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39</p> <p>40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52</p>	

Sistema	R=Ruta	Item	Detalle de Inspección	Limite	Observaciones
	F=Frec.				
	T=Tiempo				
APL-INY-001-HI (Hidráulico)	F=4 T=30	1	Estado del aceite Hidráulico	Muestreo a 65°C	Nivel de acidez
		2	Inspeccionar estado del filtro de aceite	≥ 160 bar de presión	La presión disminuirá
APL-INY-001-ME (Mecánico)	F=4 T=40	1	Inspeccionar ventilador de tolva	≥ 2,750 m ³ /h	Flujo de aire
		2	Inspeccionar Nivel de acides del agua	≤ 2,5	Concentración de iones
APL-INY-001-EL (Eléctrico)	F= 4 T=30	1	Consumo del motor de sellado	13 Kw	Multímetro
		2	Amperaje en el motor	1,08A	Multímetro
		3	Voltaje de funcionamiento	220 V	Multímetro
APL-INY-002-HI (Hidráulico)	F=4 T=30	1	Estado del aceite Hidráulico	Muestreo a 65°C	Nivel de acidez
		2	Estado del filtro de aceite	≥ 160 bar de presión	La presión disminuirá

5.2 PLAN DE AJUSTE Y LIMPIEZA

El programa de ajuste y limpieza previene daños e imperfecciones teniendo como resultado un buen desempeño en las máquinas; para llevar a cabo este programa se asignan ciertas tareas las cuales deben mantener las máquinas con el ajuste recomendado permitiendo un óptimo desempeño al momento de la producción.

5.2.1 Puntos clave de ajuste y limpieza. Para cualquier máquina es indispensable tener un procedimiento de ajuste y limpieza, la carencia de estas actividades perjudica la mantenibilidad de la maquinaria. Los puntos claves de Ajuste y Limpieza se instauraron de acuerdo con un formato utilizado como guía para los operarios, estableciendo puntos específicos de control.

Este formato contiene el código del equipo, el nombre, la frecuencia, la ruta, el tiempo de duración, las tareas a realizar y observaciones de las tareas. Estas tareas la realizarán operarios designados por cada jefe de área.

Formato 7. Puntos clave de ajuste y limpieza.

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	MT-FO-05
	PUNTOS CLAVE DE AJUSTE Y LIMPIEZA	Edición N° 001/16
		Fecha: enero 2016
		Pág. 1 de 1
Máquina: Inyectora	Código: APL-INY-001	

Sistema	F=Frec.	Item	Detalles de Ajuste y Limpieza	Límite	Observaciones
	T=Tiempo				
HI (Hidráulico)	R=1 F=4 T=20	1	Limpieza de bomba hidráulica	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		2	Ajustar pernos de bomba hidráulica	≥ 100 lb-in	Utilizar torquímetro
		3	Ajustar bridas de mangueras hidráulicas	≥ 80 lb-in	Utilizar torquímetro
ME (Mecánico)	R=1 F=4 T=80	1	Limpieza moldes	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		2	Ajustar pernos de la brida del cañón	≥ 80 lb-in	Utilizar torquímetro
		3	Ajustar pernos del ventilador de la tolva	≥ 100 lb-in	Utilizar torquímetro
		4	Ajustar pernos de boquilla del cañón	≥ 100 lb-in	Utilizar torquímetro
		5	Ajustar pernos de sujetadores de mangueras	≥ 90 lb-in	Utilizar torquímetro
		6	Limpiar bancada de deslizamiento de inyección	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		7	Ajustar pernos del intercambiador	≥ 90 lb-in	Utilizar torquímetro
		8	Limpiar vástagos y bridas	Verificar ralladuras	Solvente de seguridad y aire comprimido
		9	Limpiar rodamientos de la banca	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
	R=5 F= 13 T=77	1	Limpieza general	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		2	Limpiar intercambiador	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		3	Limpiar filtro de succión	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		4	Ajustar pernos de fijación del motor	≥ 125 lb-in	Utilizar torquímetro
		5	Limpiar bomba hidráulica	Limpiar base y carcasa	Solvente de seguridad y aire comprimido
EL (Eléctrico)	R1 F= 4 T=70	1	Limpiar Tableros eléctricos	Limpiar superficie	Brocha y dieléctrico en aerosol
		2	Ajuste conexiones eléctricas	Manualmente	Conectores, contadores, etc.
		3	Limpiar conectores principales	Limpiar superficies	No utilizar lijas en los platinos
		4	Limpiar componentes de control	Estado aparente	Relés, bobinas y etc.
		5	Limpieza de ventiladores de las unidades de control	Eliminar suciedades	Brocha y dieléctrico en aerosol
		6	Limpieza de PLC	Eliminar suciedades	Brocha y dieléctrico en aerosol

5.2.2 Matriz de tiempos de ajuste y limpieza. En esta tabla se indica la distribución de los tiempos necesarios para realizar las frecuencias de ajuste y limpieza de cada sistema en un número determinado de rutas. A continuación, se muestra la matriz de tiempos dando a conocer el tiempo que se tarda en realizar dichas actividades y con qué frecuencia se deben ejecutar.

Los colores representan la distribución de los tiempos, en un número determinado de rutas de ajuste y limpieza.

Cuadro 20. Matriz de tiempos de ajuste y limpieza

Código	F4	F13	F26	F52
APL-INY-001-HI	20			
APL-INY-001-ME	80	77		
APL-INY-001-EL	70			
APL-INY-002-HI	20			
APL-INY-002-ME	80	77		
APL-INY-002-EL	70			
APL-INY-003-HI	20			
APL-INY-003-ME	80	77		
APL-INY-003-EL	70			
APL-SOP-001-HI	20			
ALP-SOP-001-ME	130	77		
APL-SOP-001-EL	70			
APT-LLE-001-ME	80	50		
APT-LLE-001-EL	70			
TOTAL	880	358		

5.2.3 Balance de tiempos de ajuste y limpieza. El balance de tiempos de ajuste y limpieza determina el tiempo necesario para realizar la inspección a las máquinas por cada semana del año, garantizando la distribución y la ejecución acorde con los puntos clave.

El numero en rojo representa el número de rutas que corresponde a cada semana de acuerdo con las actividades designadas

Cuadro 21. Matriz de balance de ajuste y limpieza

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F4	190 ₁	250 ₂	220 ₃	220 ₄	190	250	220	220	190	250	220	220	190
F13	77 ₅		77 ₆		77 ₇				77 ₈				50 ₉
F 26													
F52													
Total (min)	267	250	297	220	267	250	220	220	267	250	220	220	240

Semana	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
F4	250	220	220	190	250	220	220	190	250	220	220	190	250
F13													
F 26													
F52													
Total (min)	250	220	220	190	250	220	220	190	250	220	220	190	250

Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
F4	220	220	190	250	220	220	190	250	220	220	190	250	220
F13	77		77				77				77		50
F 26													
F52													
Total (min)	297	220	267	250	220	220	267	250	220	220	267	250	270

Semana	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
F4	220	190	250	220	220	190	250	220	220	190	250	220	220
F13													
F26													
F52													
Total (min)	220	190	250	220	220	190	250	220	220	190	250	220	220

De igual manera se estableció la cantidad de rutas a ejecutar, según su frecuencia: para las mensuales 4, para las trimestrales 5, obteniendo un total de 9 rutas de ajuste y limpieza a ejecutar en un año.

5.2.4 Ruta de ajuste y limpieza. Se elabora de acuerdo a la orientación que se le da al personal sobre la ruta que deben seguir para realizar las operaciones de ajuste y limpieza y así reconocer el estado de las máquinas.

El formato contiene un calendario anual, que describe cada una de las semanas en las que se ha de realizar dichas actividades, de la misma forma se resaltan las semanas en que se van a ejecutar dichas labores.

Formato 8. Ruta de ajuste y Limpieza

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MT-FO-05
			Edición N° 001/16
	Ruta de Ajuste y limpieza 4		Fecha: enero 2016
			Pág. 1 de 1
Frecuencia: 4	TIEMPO: 3 horas 40 minutos	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52	

Sistema	R=Ruta	Ítem	Detalle de Inspección	Límite	Observaciones
	F=Frec.				
	T=Tiempo				
APL-SOP-001-EL (Eléctrico)	F= 4 T=70	1	Limpiar Tableros eléctricos	Limpiar superficie	Brocha y dieléctrico en aerosol
		2	Ajuste conexiones eléctricas	Manualmente	conectores, contadores, etc.
		3	Limpiar conectores principales	Limpiar superficies	No utilizar lijas en los platinos
		4	Limpiar componentes de control	Estado aparente	Relés, bobinas y etc.
		5	Limpieza de ventiladores de la unidad de control	Eliminar suciedades	Brocha y dieléctrico en aerosol
		6	Limpieza de PLC	Eliminar suciedades	Brocha y dieléctrico en aerosol
APT-LLE-001-ME (Mecánico)	F= 4 T=80	1	Limpieza general	Eliminar suciedades	Solvente de seguridad y aire comprimido
		2	Ajuste pernos base de la salida de la tolva	≥ 70 lb-in	Utilizar torquímetro
		3	Ajustar pernos del soporte de la banda transportadora	≥ 100 lb-in	Utilizar torquímetro
		4	Ajustar pernos de sujeción del cilindro	≥ 125 lb-in	Utilizar torquímetro
		5	Ajustar pernos de sujeción de mangueras	≥ 125 lb-in	Utilizar torquímetro
		6	Ajuste pernos de inyectores	≥ 125 lb-in	Utilizar torquímetro
		7	Ajustar Pernos de cruz de malta	≥ 125 lb-in	Utilizar torquímetro
		8	Ajustar pernos de motor de cierre	≥ 125 lb-in	Utilizar torquímetro
APT-LLE-001-EL (Eléctrico)	F= 4 T=70	1	Limpiar Tableros eléctricos	Limpiar superficie	Brocha y dieléctrico en aerosol
		2	Ajuste conexiones eléctricas	Manualmente	conectores, contadores, etc.
		3	Limpiar conectores principales	Limpiar superficies	No utilizar lijas en los platinos
		4	Limpiar componentes de control	Estado aparente	Relés, bobinas y etc.
		5	Limpieza de ventiladores de la unidad de control	Eliminar suciedades	Brocha y dieléctrico en aerosol
		6	Limpieza de PLC	Eliminar suciedades	Brocha y dieléctrico en aerosol

5.3 PROGRAMA SISTEMÁTICO DE LUBRICACIÓN

Este programa tiene como parámetro principal la lubricación de los elementos presentes en las máquinas; la acción de lubricar desarrolla una modificación de las características relativas a la fricción y el desgaste en la superficie de los sólidos al moverse uno en relación con el otro, por medio de una película lubricante.⁹

La lubricación para este caso se realiza de forma planificada de acuerdo con el cronograma que se establezca según las condiciones de cada máquina, para esto se deben realizar inspecciones periódicas a las máquinas, aceites y grasas. Los lubricantes reducen la fricción, disipan el calor, dispersan los contaminantes y aumenta la vida útil de los componentes.

5.3.1. Tipos de Lubricación.¹⁰ La lubricación hidrodinámica tiene un espesor superior a la rugosidad de las superficies asegurando que estas queden espaciadas. La película gruesa puede soportar las cargas aplicadas debido a la forma y el movimiento relativo de las superficies deslizantes, originando la formación de una cuña del lubricante, además de una viscosidad apropiada.

La lubricación límite o de película escasa no tiene el espesor suficiente para separar las superficies, es menos eficiente, ya que las superficies de trabajo deben soportar en gran parte las cargas aplicadas. De todos modos, la fricción será siempre menor que la que se tendría de no estar presente el lubricante, pero esta puede ser efectiva de acuerdo a los aditivos que se le agreguen al momento de su fabricación

La lubricación mixta o de película fina es una combinación de las condiciones anteriormente descritas y corresponde al caso en que el espesor de película es del mismo orden de magnitud que la rugosidad de las superficies.

La presencia de una película continua¹¹ de lubricante suficiente para separar completamente dos superficies es llamada lubricación de película completa, normalmente lubricación hidrodinámica, en la que el aceite se adhiere a las superficies en movimiento y es forzado en el área en medio de las superficies deslizantes, donde forma una cuña de presión o hidrodinámica.

La lubricación elastohidrodinámica se caracteriza por la deformación elástica de las irregularidades de ambas superficies debido a la carga que actúa sobre ellas volviendo a su forma original cuando termina la carga; el lubricante es arrastrado hacia el área de contacto y luego sujeto a muy altas presiones a medida que es comprimido bajo carga pesada.

⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Seguridad de Funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. ICONTEC, 1999 p15 (GTC62)

¹⁰ Lubricación y lubricantes. Centro técnico Shell

¹¹ Diccionario de Análisis de aceites y lubricación Noria México

Tomando en cuenta los manuales de cada máquina, se hizo un levantamiento de información sobre los aceites y grasas utilizadas para cada una de estas, los principalmente usados en la empresa son:

Cuadro 22. Lubricantes utilizados

Producto	Aplicación	Característica	Referencia
Lubricante Hidráulico	Para sistemas hidráulicos de alta presión	Reduce la formación de espuma, lodos y depósitos, además con aditivos de anti-desgaste reduciendo paradas y costos de mtto con buena resistencia a la oxidación, permitiendo una óptima protección contra la corrosión y la herrumbre	Hidrafluid 10
Lubricante para engranajes	Para lubricación de engranajes	Excelentes propiedades de anti- herrumbre y antiespumante, aditivos de extrema presión, resistencia a la emulsibilidad y formación de espuma	Engrafluid 220
Silicona Lubricante	Para lubricación de moldes y otros elementos de máquinas	Lubricante para piezas metálicas de alta presión, excelente para desmoldaste para inyección y soplado de plásticos, repele al agua	CRC Industrial EDS
Grasa	Rodamientos de motores eléctricos, Cadenas	Puntos de goteo a 216 °C, excelente resistencia a altas temperaturas con aditivos de extrema presión, sistemas donde la grasa lubricante debe servir para periodos prolongados bajo condiciones severas sin ser cambiada frecuentemente	Grasa BEG Litio
Lubricante Hidráulico	Usado en Compresor de tornillo	Reduce la formación de espuma, lodos y depósitos, además con aditivos de anti-desgaste reduciendo paradas y costos de mtto con buena resistencia a la oxidación, permitiendo una óptima protección contra la corrosión y la herrumbre	Optium Hidrafluid 46

Identificando los lubricantes usados actualmente y garantizando un óptimo funcionamiento de las máquinas se realiza un formato donde se establecen puntos de lubricación, frecuencia con que deben realizar ciertas actividades y el tiempo para el desarrollo de las mismas

5.3.2 Puntos clave de lubricación. Son aquellos puntos relevantes en cada máquina, que ayudan a mejorar el proceso de lubricación de cada elemento; de acuerdo al plan de mantenimiento se establece el siguiente formato.

Formato 9. Puntos clave de lubricación

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	MT-FO-06
	PUNTOS CLAVE DE LUBRICACIÓN	Edición N° 001/16
		Fecha: enero 2016
		Pag 1 de 1
Máquina:	INYECTORA	Código: APL-INY-001

Sistema	R=Ruta	Ítem	Detalles Inspección	Limite	Observaciones
	F=Frecuencia				
	T=Tiempo				
HI (Hidráulico)	R=2 F= 13 T=40	1	Lubricación de moldes	300 gr c/u	Grasa BEG Litio
		2	Engrasar expulsor de envase	200 gr c/u	Grasa BEG Litio
	R=6 F= 26 T=45	1	Cambio de aceite hidráulico	170 litros	Hidrafluid 10
ME (Mecánico)	R=3 F= 13 T=20	1	Engrasar rodamientos tornillo de alimentación	400 gr	Grasa BEG Litio- Pistola
		2	Engrasar cremallera altura de molde	250 gr	Grasa BEG Litio
		3	Lubricación bancada de deslizamiento unidad de inyección	200 gr	Grasa BEG Litio
	R=6 F= 26 T=20	1	Engrasar pines molde móvil	600 gr	Grasa BEG Litio
		2	Engrasar rodamiento de motor	400 gr	Grasa BEG Litio

5.3.3 Matriz de tiempos de lubricación. La realización de esta matriz permite la distribución de los tiempos necesarios para lubricar cada sistema en un número determinado de rutas. A continuación, se muestra la matriz de tiempos dando a conocer que tiempo demora realizar la lubricación y con qué frecuencia se deben ejecutar.

Los colores representan la distribución de los tiempos, en un número determinado de rutas de lubricación.

Cuadro 23. Matriz de Tiempos de Lubricación

Código	F4	F13	F26	F52
APL-INY-001-HI		40	45	
APL-INY-001-ME		20	20	
APL-INY-002-HI		40	45	
APL-INY-002-ME		20	20	
APL-INY-003-HI		40	45	
APL-INY-003-ME		20	20	
APL-SOP-001-HI			45	
ALP-SOP-001-ME	30	20	20	
APT-LLE-001-ME		30	40	
TOTAL	30	230	300	0

5.3.4 Balance de tiempos de lubricación. El balance de tiempos de ajuste y limpieza determina el tiempo necesario para realizar la inspección a las máquinas por cada semana del año, garantizando la distribución y la ejecución acorde con los puntos clave.

El numero en rojo representa el número de rutas que corresponde a cada semana de acuerdo con las actividades designadas

Cuadro 24. Matriz balance de tiempos de lubricación

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F 4	30 ₁				30				30				30
F13		60 ₂	60 ₃	60 ₄	50 ₅								
F 26						65 ₆	65 ₇	65 ₈	65 ₉		40 ₁₀		
F52													
Total (min)	30	60	60	60	80	65	65	65	95	0	40	0	30

Semana	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
F4				30				30				30	
F13		60	60	60	50								
F 26													
F52													
Total (min)	0	60	60	90	50	0	0	30	0	0	0	30	0

Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
F4			30				30				30		
F13		60	60	60	50								
F 26						65	65	65	65	40			
F52													
Total (min)	0	60	90	60	50	65	95	65	65	40	30	0	0

Semana	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
F4		30				30				30			
F13		60	60	60	50								
F 26													
F52													
Total (min)	0	90	60	60	50	30	0	0	0	30	0	0	0

De acuerdo con lo anterior se estableció la cantidad de rutas a ejecutar, según su frecuencia: para las mensuales 1, para las trimestrales 4, para las semestrales 5 obteniendo un total de 10 rutas de lubricación a ejecutar en un año.

5.3.5 Ruta de lubricación. Se elabora de acuerdo con la orientación que se le da al personal sobre la ruta que deben seguir para realizar las operaciones de lubricación y así alargar la vida útil de cada elemento a lubricar.

El formato contiene un calendario anual, que describe cada una de las semanas en las que se han de realizar dichas actividades, de la misma forma se resaltan las semanas en que se van a ejecutar dichas labores.

Formato 10. Ruta de Lubricación

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		MT-FO-05
			Edición N° 001/16
	Ruta 2 de Lubricación		Fecha: enero 2016
			Pag 1 de 1
Frecuencia: 13	TIEMPO: 1 hora	<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13</p> <p>14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26</p> <p>27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39</p> <p>40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52</p>	

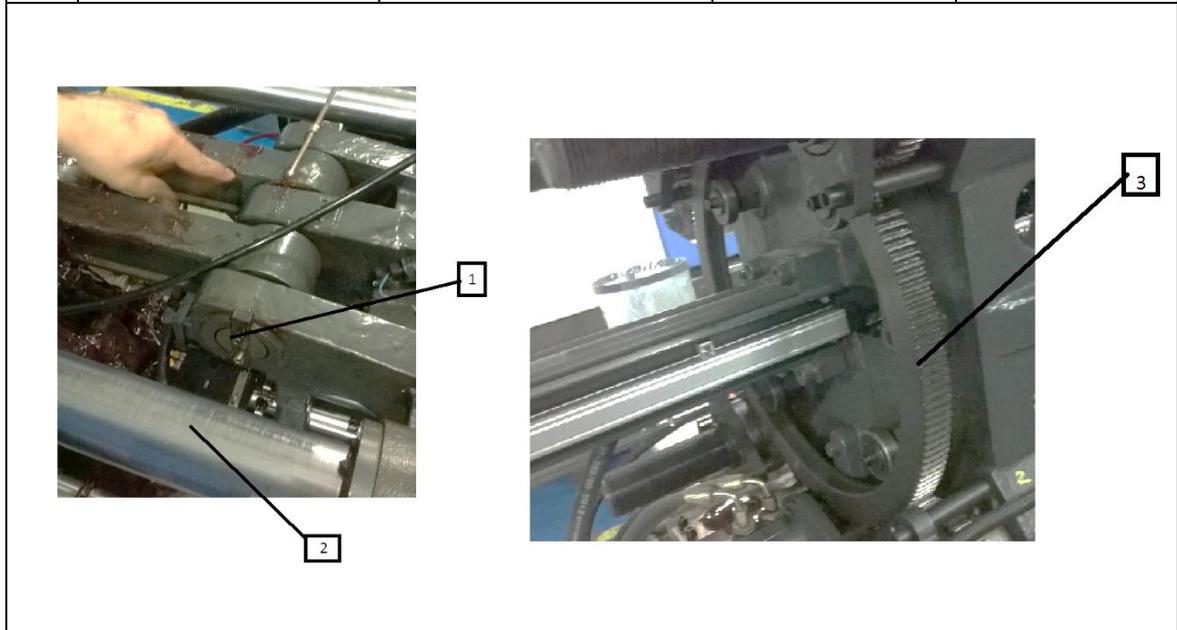
Sistema	R=Ruta	Ítem	Detalle de Inspección	Límite	Observaciones
	F=Frec				
	T=Tiempo				
APL-INY-001-HI (Hidráulico)	R=2 F= 13 T=40	1	Lubricación de moldes	300 gr	Grasa BEG Litio
		2	Engrasar expulsor de envase	200 gr	Grasa BEG Litio
APL-INY-001-ME (Mecánico)	R=2 F= 13 T=20	1	Engrasar rodamientos tornillo de alimentación	400 gr	Grasa BEG Litio
		2	Engrasar cremallera altura de molde	250 gr	Grasa BEG Litio
		3	Lubricación bancada de deslizamiento unidad de inyección	200 gr	Grasa BEG Litio

5.3.6 Carta de lubricación. Da a conocer los puntos de lubricación permitiendo detallar las actividades a realizar, situando los mecanismos a lubricar y detallando el adecuado lubricante que se debe usar; logrando una alta confiabilidad durante la operación de los equipos

Formato 11. Carta de Lubricación

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	MT-FO-06
	CARTA DE LUBRICACIÓN	Edición N° 001/16
		Fecha: enero 2016
		Pag 1 de 1
Máquina:	INYECTORA	Código: APL-INY-001

Item	PUNTOS DE APLICACIÓN	LUBRICANTE UTILIZADO	LUBRICANTE RECOMENDADO	MÉTODO DE LUBRICACIÓN
1	Pines movimiento molde móvil	Grasa Beg Litio EP	Grasa para engranes EP 150	Aplicación Pistola
2	Cilindro bancada de movimiento	Optium Hidrafluid 68	Mobil DTE 25	Inyección
3	Corona de ajuste molde	Grasa Beg Litio EP	Grasa para engranes EP 150	Aplicación Pistola



6. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE REPUESTOS

Este análisis determina qué repuestos son los que más se necesitan con mayor periodicidad; dado que la empresa no cuenta con un control ni lugar específico de almacenaje, el stock de repuestos es mínimo ya que la ubicación de la empresa facilita la compra de repuestos locales fácilmente.

La información para realizar el consumo de repuestos se recopiló dos años atrás dando una proyección general de costos, determinando los tiempos de entrega, facilitando que empresa suministra estos elementos y así obtener un estado general de la planta.

6.1 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS

Actualmente el jefe de mantenimiento tramita la compra de repuestos y consumibles para el mantenimiento de las máquinas, pero no se lleva control ni registro alguno, por tal motivo se plantea la siguiente metodología descrita en el libro “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento” elaborado por Santiago García Garrido que presenta los diferentes tipos de clasificación que se puede establecer a los repuestos y además una estrategia para la gestión del almacenamiento de los mismos.

Para facilidad de identificación de las piezas¹², se agrupa el repuesto desde varios puntos de vista: en función de su responsabilidad dentro del equipo, en función de la necesidad de mantenerlo en stock y por el tipo de aprovisionamiento.

Cuando el repuesto está en función de su responsabilidad se agrupa en 6 categorías

- ✓ Piezas sometidas a desgaste: Son aquellos elementos que unen piezas fijas y móviles, o partes en contacto con fluidos, como cojinetes, retenes, juntas o también piezas sometidas a desgaste y a abrasión
- ✓ Consumibles. Son aquellos elementos de duración inferior a un año o aproximadamente 8.000 horas de uso, con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Su fallo y su desatención pueden provocar graves averías. Los consumibles usados frecuentemente son: Filtros, lubricantes, material de limpieza, elementos de estanqueidad estándar, consumibles de taller, escobillas de motores

¹² GARCIA GARRIDO. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos, 2003. 120 p.

- ✓ Elementos de regulación y mando mecánico: Son aquellos elementos cuya misión es controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales; estos elementos al no estar sometidos en condiciones desfavorables de funcionamiento tienen una importancia capital dentro del equipo. Su fallo frecuente es por fatiga
- ✓ Piezas móviles: Son aquellas destinadas a transmitir movimiento, como son: engranajes, ejes, correas, cadenas, reductores, etc. Su fallo habitual es por fatiga
- ✓ Componentes electrónicos: A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo. Su fallo habitual es por calentamiento, corto circuito o sobretensión, sometiendo el equipo a condiciones de trabajo diferentes a las que fueron diseñadas
- ✓ Piezas estructurales: Difícilmente fallan al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades, como son bastidores, soportes y demás elementos

Cuando está en función de la necesidad de mantenerlo en stock¹³ se dividen en tres categorías:

- ✓ Repuesto A: Piezas que es necesario mantener en Stock en la planta
- ✓ Repuesto B: Piezas que son necesarias tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega
- ✓ Repuesto C: Piezas que no son necesarias prever, al momento de un fallo estas no afectan la producción o en algunos casos se presentan leves inconvenientes

Cuando está en función de la compra de repuestos se divide en tres tipos:

- ✓ Pieza estándar: es la pieza incorporada en la máquina y se puede comprar a varios proveedores
- ✓ Pieza específica del fabricante de la máquina: es aquella pieza diseñada por el fabricante de la máquina solamente éste puede proveerla
- ✓ Pieza específica a medida: Piezas diseñadas para construcción bajo plano, en consecuencia puede ser fabricada por algún taller especializado

¹³ GARCIA GARRIDO. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos, 2003. 121 p

Se tienen ciertos aspectos para la selección de un repuesto en Stock: la criticidad de las máquinas en la planta, el consumo tras un historial de fallos presentados, el tiempo de entrega por los proveedores donde algunas piezas se pueden tener de inmediato y otras son fabricadas bajo pedido donde pueden demorar más tiempo, el costo de la pieza ya que lo ideal es tener el menor costo posible almacenado.

A continuación, se da a conocer un ejemplo sobre el análisis del consumo de repuestos de una máquina crítica.

Cuadro 25. Consumo de repuestos

Consumo de repuestos						
Cod. Máquina	Repuestos	Frecuencia de consumo	Costo de repuestos (C/U)	Clasificación	Tiempo de entrega	Observaciones
APL-LLE-001	Inyectores Tempora	Semestral	200,000	A	2 semanas	Tener un proveedor alterno con menos tiempo de entrega
	O- ring Inyector	Semanal	1000	A	Inmediato	Cambiar material O-ring para alargar su frecuencia de consumo
	Tornillo Seguidor con tratamiento térmico	Cada dos meses	4000	B	10 días	1) Tener en Stock la cantidad suficiente por demora en tiempos de entrega 2) Fabricación de tornillo laminado
	Leva	Cada dos meses	65,000	B	20 días	1) Tener en Stock la cantidad suficiente por demora en tiempos de entrega 2) Aplicar recubrimiento a la pieza alargando su vida útil
	Bandas de Ajuste	Trimestral	20,000	C	3 semanas	Tener en Stock la cantidad suficiente por demora en tiempos de entrega

6.2 REPUESTOS ALMACENADOS

En la clasificación anterior según la necesidad de stock, el tipo de repuesto que debe permanecer disponible en almacén deber ser el de tipo A; este tipo de repuesto se divide tanto en repuestos con mayor rotación normalmente consumibles o repuestos estándar como tornillería y empaques.

En el siguiente cuadro se muestran los repuestos almacenados o comúnmente llamados repuestos en Stock que requiere la empresa para la ejecución de mantenimiento sin afectar drásticamente la producción.

Cuadro 26. Repuestos almacenados

Repuestos almacenados		
Repuesto	Cantidad	Aplicación
Tornillo Seguidor	15	Utilizado en la máquina inyectora para realizar intermitencia en el movimiento de cerrado de las tapas de la témpera
Levas	4	Utilizado en la máquina inyectora para realizar intermitencia en el movimiento de cerrado de las tapas de la témpera
Rodillo Etiquetadora	1	Repuesto utilizado para colocar las etiquetas en los envases de témpera
O-ring Inyector	50	Empaque utilizado para los inyectores evitando goteos al momento de la dispensación de témpera
Inyector	2	Se utiliza para dispensación de témpera en la máquina llenadora
Cilindro Neumático	1	Utilizado en la máquina llenadora para el cierre de las tapas de envase
Rodamiento Skf 80205	4	Para uso en general de diferentes máquinas
Tolva de succión	1	Succiona materia prima para alimentar el husillo en la máquina inyectora

6.2.1 Cantidades recomendadas.¹⁴ Son esenciales para llevar la gestión en el almacén; determinando la cantidad específica de cada repuesto con respecto al tiempo para que éste no se deteriore por mal almacenamiento, causando sobrecostos y paradas al no tener las piezas óptimas al momento del cambio.

Para establecer las cantidades mínimas se usan las siguientes ecuaciones

$$L = \sqrt{\frac{2 * P * Y}{C * I}}$$

Donde:

L= Cantidad mínima a solicitar

P: Valor H-H en cada pedido

¹⁴ Santiago García Garrido. Organización y gestión integral del mantenimiento. España: Ediciones Díaz de santos, 2004. Pág. 119

Y: Consumo anual de repuestos almacenados
C: Valor de cada uno de los repuestos almacenados
I: Tasa de almacenamiento

$$I = \frac{GT}{V_p}$$

Donde:

GT: Gastos totales de almacenamiento
Vp: Valor promedio de inventario de repuestos

Al tener las cantidades a pedir por cada repuesto se calcula la frecuencia con la que se debe realizar el pedido en el año mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{C}{L}$$

Donde:

F: Frecuencia de pedido
C: Consumo Anual
L: Cantidad a pedir

Al realizar el levantamiento de datos, la empresa no cuenta con un registro individual de compras en el área de mantenimiento, tampoco cuenta con un almacén especial para repuestos e insumos por lo cual no fue posible usar las ecuaciones descritas anteriormente. La siguiente tabla se da como recomendación de acuerdo con las máquinas críticas y repuestos con mayor rotación basados en el personal encargado de cada área.

Cuadro 27. Repuestos recomendados

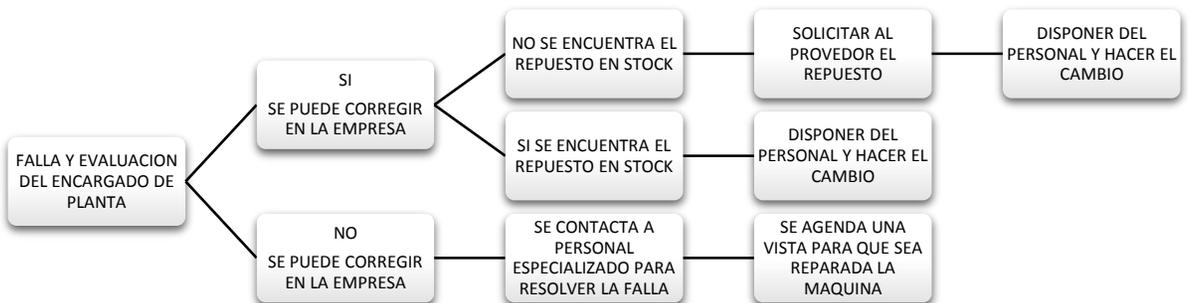
Repuestos recomendados stock	
Repuesto	Cantidad mínima
Tornillo Seguidor	10
Levas	3
Rodillo Etiquetadora	2
O-ring Inyector	50
Inyector	6
Cilindro Neumático	1
Rodamiento Skf 80205	4
Tolva de succión	1
Grasa Litio 2.230 gr	3
Silicona Lubricante para Moldes	3
Correa Tipo B 40"	2
Polea D20	2

6.3 ADQUISICIÓN DE REPUESTOS

Cada vez que las máquinas necesitan un repuesto y el cambio se pueda realizar por el personal de la planta, se le solicita directamente al encargado de mantenimiento, generando así una orden de compra. Si el jefe de mantenimiento ve necesario contactar directamente con el proveedor, éste realiza el pedido con previa autorización. Después de esto; el recibo es pasado a contabilidad para que se efectúe el desembolso.

En la siguiente imagen se muestra el proceso de compra de los repuestos, en el que solo se ordena la compra cuando el equipo falla, el tiempo de espera que afecta la producción

Figura 2. Diagrama de flujo orden de compra



6.3.1 Para el suministro y almacenamiento de repuestos, cuando se desarrolla un procedimiento en un equipo que está fallando y se necesita de algún repuesto, se le solicita al jefe de mantenimiento, que también es el encargado del almacenamiento de repuestos y se verifica la existencia del repuesto.

Si hay existencia se hace la orden de entrega, si no se encuentra existente es necesario generar la orden de compra; el jefe de mantenimiento genera la autorización y luego esta orden de compra se entrega a contabilidad. Las órdenes de compra son generadas cuando el equipo presenta falla y el tiempo de espera afecta la producción.

Ya que la empresa no cuenta con control específico para la adquisición de los repuestos; se realiza un formato de solicitud de compras el cual debe ser diligenciado por el jefe de mantenimiento y luego entregarlo a la persona encargada de realizar la compra cumpliendo con la fecha requerida.

Formato 12. Solicitud de compra

	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	MT-FO-06
	SOLICITUD DE COMPRA	Edición N° 001/16
		Fecha: enero 2016
		Pag 1 de 1

Fecha Solicitud: / /			Fecha Autorización: / /	
Equipo	Cantidad	Repuesto /Producto	Fecha Requerida	Observaciones
Solicitante:			Recibe:	

7. PLAN DE MANTENIMIENTO, BASES DE DATOS DEL SOFTWARE FACTORY

De acuerdo con la información recopilada en la planta, se han diseñado los formatos correspondientes de cada máquina de manera digital, garantizando que el personal de la empresa tenga el conocimiento suficiente y el acceso al historial para cada una de ellas.

La empresa cuenta con un software usado actualmente para tener control, planeación y costos en la producción; pero una de las variables no usadas es el software de mantenimiento

7.1 BASES DE DATOS

La base de datos para la empresa fue creada para migrar la información recopilada durante el tiempo de ejecución de este trabajo; para el desarrollo de ésta se utilizó el programa de Microsoft Excel con herramientas de macros de Visual Basic que permite de manera didáctica tener el acceso a toda la información disponible por cada una de las máquinas críticas, además de las rutas anteriormente descritas y demás información que apoya las tareas de mantenimiento.

Imagen 2. Base de Datos



La base de datos fue migrada al software de mantenimiento Factory, permitiendo obtener la información desde cualquier servidor conectado al software; Factory brinda una opción de enlazar datos creados en Excel con el fin de obtener acceso a mayor información de la que dispone el software.

7.2 SOFTWARE FACTORY

SISTEMAS PRODUCTIVOS LTDA es una empresa dedicada a soluciones informáticas de alta calidad y tecnología que a través del software Factory logra una completa sistematización y un eficiente control sobre el funcionamiento de las más importantes áreas de una organización.

Cuenta con un equipo de profesionales en el área de sistemas y en otras disciplinas administrativas, de producción y financiera; con experiencia y capacitación adecuadas, brindando soporte y ofreciendo los mejores resultados para las empresas¹⁵

FACTORY ERP¹⁶ es un Software Colombiano de Manufactura, Administrativo y Comercial instalado en todo tipo de empresas Industriales; permite generar resultados altamente confiables traducidos en beneficios, garantiza el cumplimiento de todas las disposiciones legales vigentes y además el usuario cuenta con un servicio de soporte y capacidad de respuesta altamente especializados.

La estructura MRPII incluye los módulos de: Inventarios, Costos (por orden y por proceso), Planeación de Producción, Control de Producción, Programación de Producción, Compras, Importaciones, Mantenimiento y Control de Calidad; estos módulos garantizan los más altos índices de rentabilidad y los mayores niveles de eficiencia.

Beneficios del Software de mantenimiento Factory¹⁷

- ✓ Contiene 20 tipos de mantenimiento por máquina, según su nivel de trabajo (mantenimiento tipo A, B, C, etc. por cada número de horas, golpes, kilómetros trabajados)
- ✓ Cada Máster de mantenimiento permite el control de repuestos, descriptivos de proceso y horas previstas para cada tipo de mantenimiento
- ✓ Genera órdenes de trabajo automáticas para mantenimientos Preventivos y Correctivos
- ✓ Control en costos reales por orden y por máquina (repuestos, mano de obra y servicio de terceros)
- ✓ Controla el kárdex de repuestos a costo promedio

¹⁵ ERP Industrial FACTORY. Quienes somos 2002

¹⁶ Software ERP-Factory

¹⁷ Beneficios software de mantenimiento. Factory 2015

- ✓ Los repuestos e insumos requeridos para el mantenimiento son manejados directamente desde un módulo de inventarios, incorporado en este programa, controlando así los óptimos niveles de rotación
- ✓ Incluye una completa hoja de vida por cada máquina de la planta
- ✓ Maneja “N” planes de mantenimiento simultáneos
- ✓ Calcula las necesidades por repuestos, técnicos y contrataciones, a través del proceso de cálculo de necesidades
- ✓ Genera el comprobante contable de mantenimiento para ser transferido a un sistema contable
- ✓ Incluye programa completo de inventario físico
- ✓ Programación semestral de mantenimientos preventivo, semana por semana directamente en Excel
- ✓ Genera informe en Excel de los mantenimientos preventivos programados vs ejecutados
- ✓ Crea reporte de daños, causas y trabajos realizados
- ✓ Genera informes de las órdenes de trabajo en proceso, con sus respectivos costos
- ✓ Genera informe de Análisis Comparativo entre los mantenimientos preventivos y los consumos reales de repuestos

7.2.1 Uso de Software Factory. El uso de este software se encuentra en cada uno de los equipos conectados actualmente a la red de la empresa, lo que permite tener acceso y modificar los datos allí asociados; la alimentación de este programa permite llevar a cabo actividades y controles tanto en mantenimiento como en repuestos, anteriormente dicho no se lleva un control de la salida de los mismos.

Al ingresar el mayor número de datos posibles es necesario conocer en qué estado se encuentra la máquina, que repuestos están asociados, si aún cuenta con garantía de compra y un sin número de antecedentes de daños para allí codificarlos y en aquel momento que se genere una orden de trabajo, se tenga en cuenta si la falla es repetitiva o si se presenta por primera vez; además arroja un costo aproximado tanto de la falla como de la reparación. La codificación propuesta es compatible con la codificación del software incorporando los datos recolectados durante la ejecución del proyecto.

A continuación, se muestra lo más relevante de las capacidades del software.

Imagen 3. Menú Principal Software

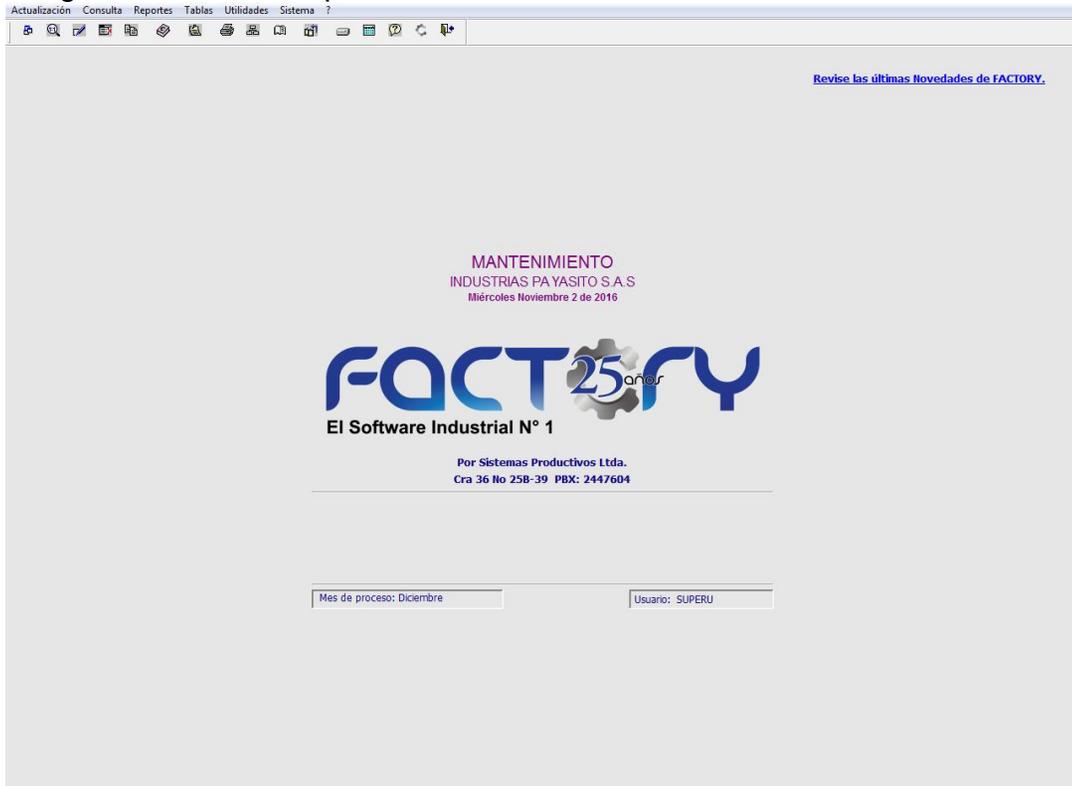


Imagen 4. Ver, adicionar o modificar parámetros de las máquinas

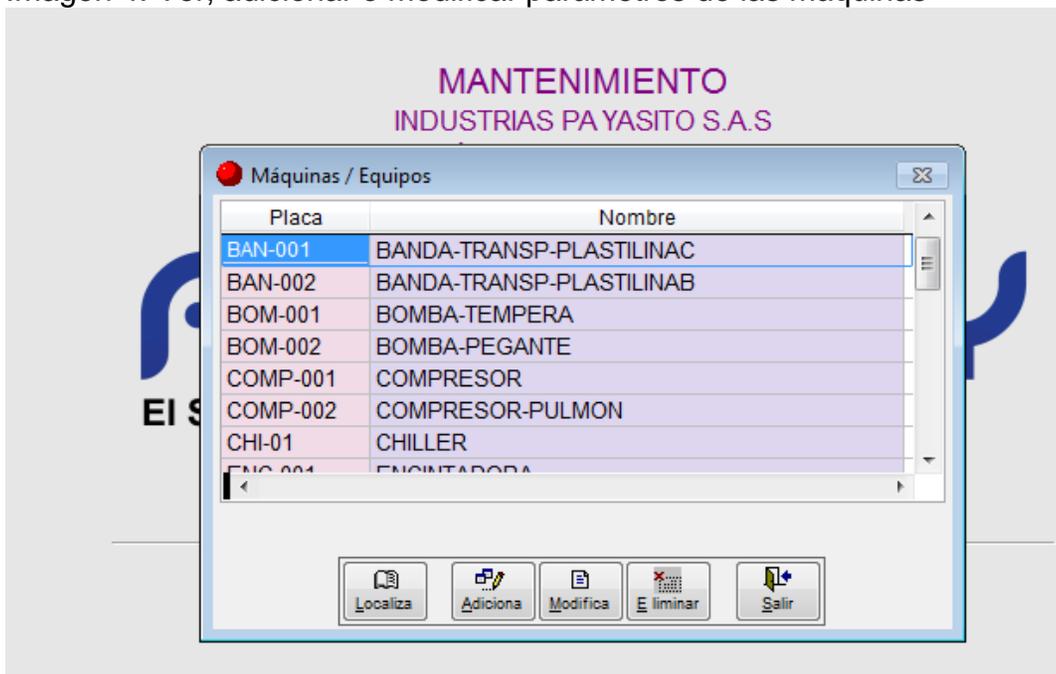


Imagen 5. Ficha técnica en Factory

Máquinas / Equipos

Placa de la Máquina:

Nombre:

Archivo Adjunto:

Vida Util (Años):

Depreciación:

Depreciación

Serie:

Otro:

O de C #:

Fecha:

Activación:

Garantía:

Aseguradora:

Vence en:

Valor Compra:

Comentarios:

Horse Power:

Modelo:

Mes de proceso: Diciembre Usuario: SUPERU

Imagen 6. Reporte ordenes de trabajo en Factory

INDUSTRIAS PA YASITO S.A.S

INFORME DETALLADO DE ORDENES DE TRABAJO

Fecha: 02/11/2016 Hora: 10:58 58 (Usuario: SUPERU) (OP_DET.REP) Pag. 1

ORDEN:	4	510001	INYECTORA # 1	DAÑO:	A2
DAÑO:	ROTURA DE CORREA POR TIEMPO DE TRABAJO				
CAUSA:	DESGASTE				
Solución:	CAMBIO DE CORREA				
ORDEN:	10	INY-01	INYECTORA #1	DAÑO:	
DAÑO:					
CAUSA:					
Solución:	limpieza general realizada segun formato establecido				
ORDEN:	11	INY-01	INYECTORA #1	DAÑO:	E1
DAÑO:	desgaste en empaques				
CAUSA:	desagaste por uso				
Solución:	realiza cambio y limpieza en los empaques de los inyectores				
ORDEN:	12	LLE-001	LLENADORA-TEMPERA	DAÑO:	CA1
DAÑO:					
CAUSA:					
Solución:					

Imagen 7. Código de daños

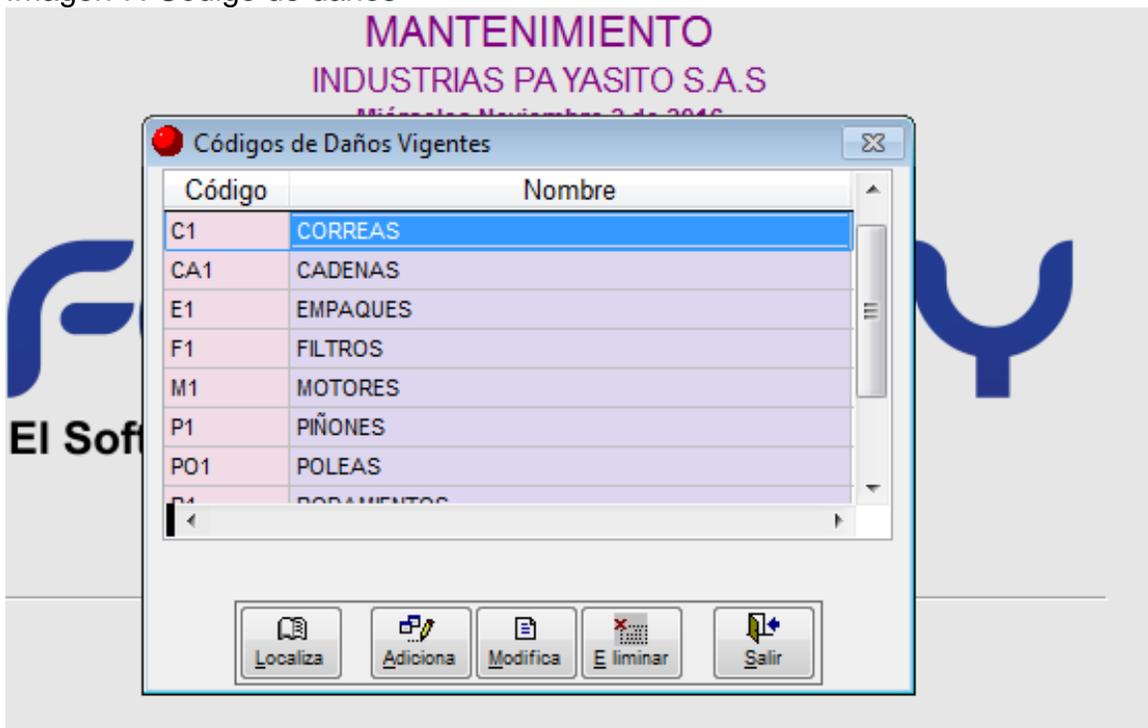


Imagen 8. Código de repuestos

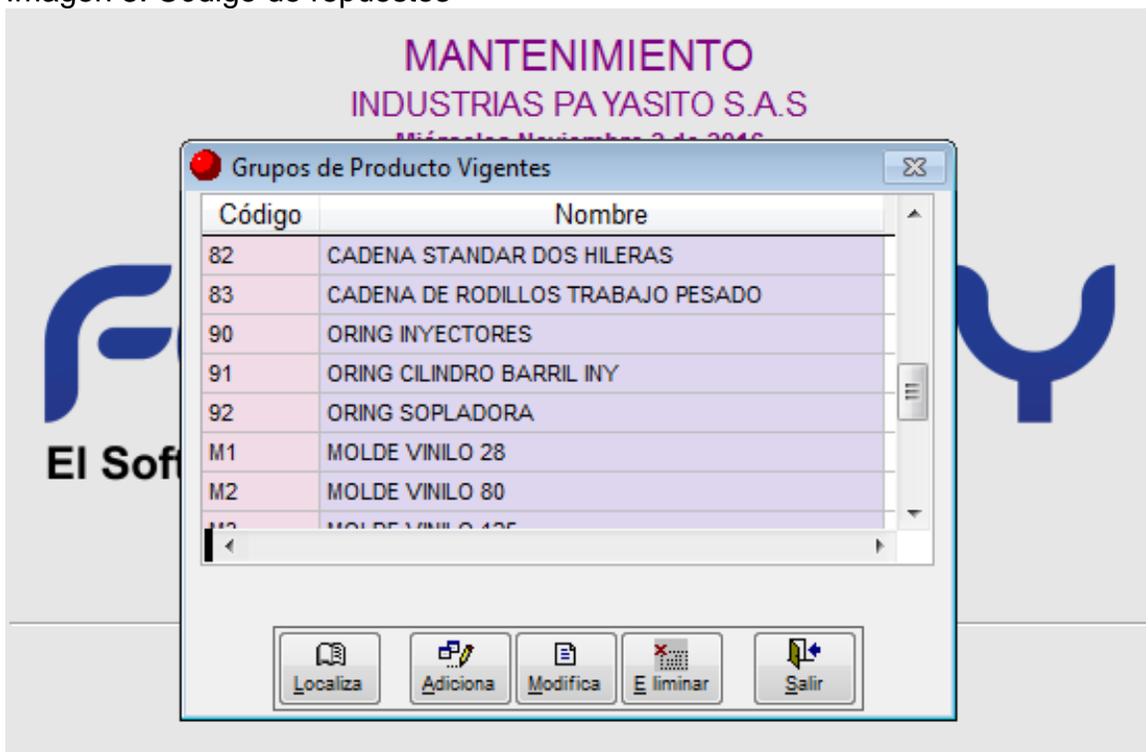


Imagen 9. Reportes de Másteres

INDUSTRIAS PA YASITO S.A.S
LISTADO DE MASTERES VIGENTES
 Fecha: 02/11/2016 Hora: 10:55:55 (Usuario: SUPERU) (MASTERES.REP) Pag. 1

CODIGO	520003	CANTIDAD	
MASTER	520003		
	EVENTOS: 0 - V. UTIL:		
	REND TEOR STD		
1234567890	TORNILLO	(UN)	50.0000
RDM-001	RODAMIENTO DE BOLAS	(UN)	2.0000
12	LUBRICACION		2.0000
13	LIMPIEZA GENERAL		4.0000
14	AJUSTES		8.0000
MASTER	INY-02 2 INYECTORA #2		
	EVENTOS: 1 - V. UTIL:		
	REND TEOR STD		
RDM-001	RODAMIENTO DE BOLAS	(UN)	2.0000
12	LUBRICACION		5.0000
14	AJUSTES		3.0000
MASTER	LLE-001 1 LLENADORA-TEMPERA		
	EVENTOS: 1 - V. UTIL:		
	REND TEOR STD		
RDM-001	RODAMIENTO DE BOLAS	(UN)	5.0000
1234567890	TORNILLO	(UN)	0.0000
12	LUBRICACION		4.0000
14	AJUSTES		5.0000
MASTER	SOPL-01 1 SOPLADORA		
	EVENTOS: 1 - V. UTIL:		
	REND TEOR STD		
RDM-001	RODAMIENTO DE BOLAS	(UN)	0.0000
12	LUBRICACION		5.0000
14	AJUSTES		6.0000
13	LIMPIEZA GENERAL		1.0000

7.2.2 Capacitación en el manejo de Software. De acuerdo con el jefe operativo de la planta, se decidió destinar 9 horas de trabajo para capacitar a los jefes de cada área y operarios de cada máquina asegurando que los empleados desarrollen aún más sus habilidades, obteniendo el conocimiento del plan de mantenimiento que se piensa ejecutar.

La idea de capacitar al personal de la planta, es transmitir la cultura de mantenimiento, puesto que una buena limpieza en las máquinas, un correcto ajuste y un chequeo diario son tareas de vital importancia que se debe tener en cuenta para evitar retrasos en la producción.

Se realizaron 4 capacitaciones las cuales contaban con temas como: una introducción al plan de mantenimiento, dando a conocer aspectos de la situación actual de la empresa, el sistema que se implementó para la codificación de las máquinas, el manejo de los formatos de mantenimiento; se enfatizó en los programas sistemáticos, una buena limpieza, un correcto ajuste y la buena lubricación y por último la utilización del software de mantenimiento para el desarrollo de la empresa.

A continuación, se evidencia un cronograma de actividades, que va desde el manejo de los formatos básicos de mantenimiento hasta el desarrollo del software Factory.

Cuadro 28. Cronograma de capacitaciones

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES					
FECHA		Martes 1 de noviembre	Miércoles 2 de noviembre	Jueves 3 de noviembre	Viernes 4 de noviembre
TEMA	Hora	8-10 am	8 - 10 am	8 -10 am	2 - 5 pm
1. INTRODUCCIÓN					
	Objetivos Principales	20 min			
	Codificación	30 min			
	Criticidad Máquinas	30 min			
	Análisis de Fallas	40 min			
2. FORMATOS					
	Ficha técnica		30 min		
	Solicitud de trabajo		15 min		
	Orden de Trabajo		25 min		
	Hoja de Vida		30 min		
	Orden de compra		20 min		
3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO					
	Inspección			30 min	
	Ajuste y limpieza			20 min	
	Lubricación			15 min	
	Actividades de mantenimiento			25 min	
	Uso de lista de chequeo diario			30 min	
4. SOFTWARE FACTORY					
	Ficha técnica de máquinas				20 min
	Códigos de Repuestos				15 min
	Realizar entrada de repuestos				25 min
	Códigos de Daños				15 min
	Realizar una orden de trabajo				25 min
	Realizar un programa de mantenimiento semestral para una máquina específica				35 min
	Generar reportes semestrales				15 min
	Control de Costos				20 min
	Realizar un reporte de daños y causas				10 min

Culminando la capacitación general del plan de mantenimiento con un mayor enfoque al Factory se tiene como registro un control de asistencia a las capacitaciones programadas

Imagen 10. Soporte de capacitación mantenimiento 1

REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIONES	
--	---

Fecha: 01-11-2016 Tema: Introducción

Objetivo: _____ Versión: 01

Tipo: Inducción Informativo Salud Ocup. Técnico RHH
Otro Cual: _____

Facilitador: Kevin Mier Hora Inicio: 8am Hora Final: 10am

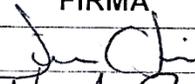
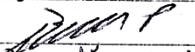
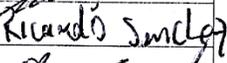
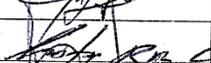
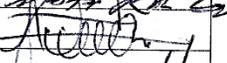
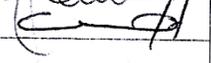
N°	NOMBRE Y APELLIDO	IDENTIFICACION	AREA	FIRMA
1	Diana Carolina Diaz G.	cc. 53.028.178	Proyectos	
2	Victor A. Beltrán	4061.654.203	logística.	
3	WILLIAM Ardila Gomez	79'721.991	planta	
4	Ricardo Sanchez	80794183	Producción	
5	Stacy Maorico Sraza	cc 98.333.877	planta	
6	Ricardo Zambrano	1018464428	planta	
7	ANILAS VARAYILLO	1022358766	PLANTA	
8	Javier Jarayillo	4570877	Metalmecánica	
9	Wiston Ruiz Carrero	79209251	Plásticos	
10	WIS ANGEY BURTRAGO	1.073.503.095	plásticos	
11	Wilmington Millon	79'790.092	Producción	
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Imagen 11. Soporte de capacitación mantenimiento 2

REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIONES	
--	---

Fecha: 02-11-2016 Tema: Formatos

Objetivo: Manejo de cada Formato Versión: 02

Tipo: Inducción Informativo Salud Ocup. Técnico RHH
Otro Cual: _____

Facilitador: Sergio Ruiz Hora Inicio: 8am Hora Final: 10am

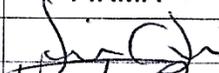
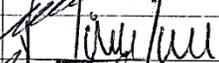
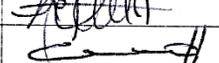
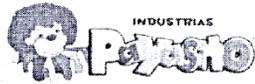
Nº	NOMBRE Y APELLIDO	IDENTIFICACION	AREA	FIRMA
1	Diana Carolina Diaz G.	cc. 53.028.178	Proyectos	
2	Victor A. Beltrán.	4061.634243	Logística	
3	William Ardila Gomez	79721.991	planta	
4	Ana Ines Jaramillo	1022358266	Planta	
5	Javier Barrios	4570827	tecnico	
6	Luis Angel Butrago R	1.073.503.095	plasticos	
7	Wilmington Millán	79790092	Produccion	
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Imagen 12. Soporte de capacitación mantenimiento 3

REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIONES	
--	---

Fecha: 03-11-2016 Tema: Programa de Mantenimiento

Objetivo: Conocimiento de cada Programa Versión: 03

Tipo: Inducción Informativo Salud Ocup. Técnico RHH
Otro Cual: _____

Facilitador: Kevin Mier Hora Inicio: 8am Hora Final: 10am

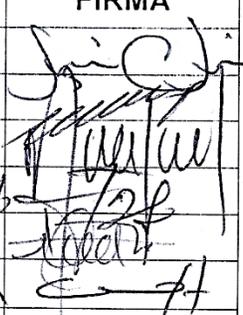
N°	NOMBRE Y APELLIDO	IDENTIFICACION	AREA	FIRMA
1	Diana Carolina Diaz G.	cc 53.028.178	Proyectos	
2	William Ardila Gómez	79721.991	Planta	
3	Andrés Jaramillo	1022358266	Planta	
4	Javier Jaramillo	4570827	Mantenimiento	
5	Luis Angel Botvigo R	1.073.503.095	plásticos	
6	Wilmington Millán	79790.002	Producción	
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Imagen 13. Soporte de capacitación mantenimiento 4

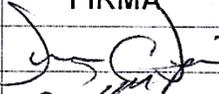
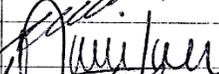
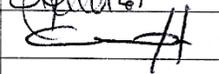
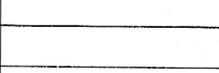
REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIONES	
--	---

Fecha: 04-11-2016 Tema: Software factory

Objetivo: Conocer el funcionamiento del software Versión: 04

Tipo: Inducción Informativo Salud Ocup. Técnico RHH
Otro Cual: _____

Facilitador: Sergio Ruiz Hora Inicio: 2pm Hora Final: 5pm

N°	NOMBRE Y APELLIDO	IDENTIFICACION	AREA	FIRMA
1	Diana Carolina Diaz G	c.c. 53.028.178	Proyectos	
2	William Acosta Gomez	79721.991	planta	
3	Andres Jaramilla	1032358266	Planta	
4	Talier Jaramilla	4570827	Produccion	
5	Luis Angel Buitrago R	1.073.503.095	plasticos	
6	Williamington Millan	79690.092	Produccion	
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

8. INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento debe ser eficaz y se caracteriza de acuerdo con tres indicadores indispensables que son la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, determinando la calidad y eficiencia de la producción.

Los indicadores se calculan con el fin de tener una idea sobre el funcionamiento del plan de mantenimiento aplicado, observando el comportamiento de las máquinas al momento de que estas presenten fallos y que tan eficaz es su reparación.

Estos indicadores se dejaron planteados de tal manera que puedan ser calculados de manera en que se vayan ejecutando las órdenes de trabajo y el registro que se realice en las hojas de vida de cada máquina, de manera que se pueda observar la gestión del plan de mantenimiento; debido a que no se tiene un historial de las paradas de las máquinas ni mucho menos el tiempo en que se han intervenido, no es posible tener datos reales actuales, para lo cual se dejara un programa ejecutado por macros en Excel para el cálculo de estos indicadores .

8.1 DISPONIBILIDAD¹⁸

Es la capacidad de una entidad para desarrollar su función en un determinado momento, o durante un determinado período de tiempo, en condiciones y rendimiento definidos. Puede expresarse como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado período de tiempo. La disponibilidad de una entidad no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar. Una medida práctica de la disponibilidad de un elemento como parámetro de referencia es la definida por la relación entre tiempos de operación y el tiempo total que se necesita que funcione, es decir el tiempo durante el que se hubiese querido producir.

Plantear como objetivo una alta disponibilidad, representa reducir al máximo el número de paradas para obtener una operación exitosa, económica y rentable.

A continuación, se plantea varias ecuaciones tomadas del documento suministrado por el Ingeniero Campos para evaluar la disponibilidad teniendo en cuenta que el resultado es el porcentaje del tiempo en que la máquina este en operación.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} * 100 = \%^{19}$$

¹⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Guía colombiana para la seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento y terminología. Bogotá: ICONTEC, GTC 62.

¹⁹ Documento suministrado del Ing. Francisco Campos

Donde:

TPEF: Indica estadísticamente el tiempo o frecuencia promedio que se presenten las fallas de un equipo.

TPPR: Indica estadísticamente el tiempo promedio que se emplea en la reparación de una falla.

8.2 CONFIABILIDAD

Se enuncia como la probabilidad de que un equipo no falle y quiere decir que éste funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño en un tiempo de operación específico, asumiendo que la máquina se utilice en las condiciones para la que fue diseñado.

$$CONFIABILIDAD = TPEF = \frac{HOOP}{\sum \# FALLOS} = horas$$

Donde:

HOOP: Horas de Operación

FALLOS: Numero de fallas intervenidas

8.3 MANTENIBILIDAD²⁰

La mantenibilidad es la probabilidad de que una máquina pueda ser restablecida a las condiciones operacionales en un periodo de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo con unos procedimientos preestablecidos.

Ciertos factores como el diseño de la máquina, la destreza de los técnicos, la disponibilidad de repuestos, los procedimientos de diagnóstico, el ambiente de trabajo, entre otros, arroja datos donde permite acertar los valores que se encuentran en la planta al momento de evaluar la eficiencia en la producción.

A continuación se aprecia la ecuación para ajustar el indicador de mantenibilidad o también el tiempo promedio para reparar:

$$MANTENIBILIDAD = TPPR = \frac{TTF}{\sum \# FALLOS} = horas$$

Donde:

TTF: Tiempo total de fallos

#FALLOS: Numero de fallos intervenido

²⁰ Documento del Ing. Francisco Campos

8.4 PROGRAMA PARA REGISTRO DE INDICADORES

Este programa se diseñó en Excel, ejecutado por macros donde los valores ingresados son computados de tal manera que se pueda tener un registro por cada una de las máquinas, de acuerdo con cada indicador anteriormente nombrado.

Imagen 14. Programa Indicadores de gestión

INDICADORES DE GESTIÓN

INGRESE DATOS

Horas de Operación (HOOP)

de Fallos

Tiempo total de fallas (TTF)

MAQUINA

Cod. Máquina

Mes de Registro

INDICADORES

DISPONIBILIDAD %

CONFIABILIDAD

MANTENIBILIDAD

Inicialmente los únicos datos que se deben introducir son las horas de operación, el número de fallas o intervenciones en cada máquina y el tiempo total de las fallas presentadas en el mes, para llevar así un promedio mensual de cada indicador; luego en el siguiente cuadro se debe seleccionar el código de la máquina y el mes en que los datos serán registrados para después dar clic en el botón calcular indicadores; en el tercer cuadro se observa el resultado de cada indicador, donde se tiene la opción de registrar los datos de acuerdo a la máquina seleccionada anteriormente o si solo desea ejecutar el programa para visualizar los datos en ese instante.

La información suministrada en este programa se deja a partir de la hoja de vida por cada máquina.

8.5 INDICADORES DE GESTIÓN ÓRDENES DE TRABAJO²¹

Para la gestión de órdenes de trabajo, este indicador determina las ordenes planeadas vs las órdenes ejecutadas de acuerdo con cada tipo de orden, las cuales se clasifican de la siguiente manera:

- ✓ Cantidad de ordenes creadas en un tiempo determinado
- ✓ Cantidad de órdenes de trabajo pendientes
- ✓ Cantidad de órdenes de trabajo de emergencia (Alta prioridad)
- ✓ Cantidad de horas estimadas de trabajo pendiente

²¹ <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/300-indicadores-en-mantenimiento>

La cantidad de órdenes creadas en un tiempo determinado es un indicador fiable de acuerdo con la carga de trabajo, ya que en un período de tiempo se pueden generar más ordenes de trabajo, estimando el rendimiento para la planta.

Para la cantidad de órdenes de trabajo pendientes, es conveniente diferenciar entre las que están pendientes por causas ajenas a mantenimiento (pendientes por la recepción de un repuesto, porque producción no da su autorización para intervenir en el equipo) debido a la acumulación de tareas o a la mala organización de mantenimiento.

Se recomienda dividir en tres opciones las órdenes de trabajo pendientes, ya que da una idea más cercana de las causas que hacen que las órdenes no sean ejecutadas en la fecha.

- ✓ Pendientes de repuesto
- ✓ Pendientes de parada de un equipo
- ✓ Pendientes por producción u otras causas

Cuando se tienen órdenes de trabajo de emergencia se tiene en referencia el estado de la planta, ya que si las órdenes de este tipo han sido mínimas o no se ha generado ninguna, se obtiene la seguridad y el estado de la planta. En caso contrario si este tipo de órdenes son creadas frecuentemente, el estado de la planta es pésimo, es recomendado tener una observación mensual de este tipo de órdenes, obteniendo un estado de eficiencia en mantenimiento.

En la estimación de horas para trabajo pendiente, se considera la suma de las horas por cada tarea pendiente de realizar; éste parámetro permite conocer la carga de trabajo a ejecutar.

Se deja indicado el cumplimiento de la planificación que es una proporción de las órdenes que se ejecutaron en la fecha indicada, sobre el total de las ordenes; se definen las siguientes ecuaciones²² tomada del libro de Santiago García Garrido:

$$\text{Indice de cumplimiento de la planificacion} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordenes en la fecha planificada}}{\text{N}^\circ \text{ de Ordenes Totales}} * 100$$

El indicador de tiempo medio de una resolución de una orden de trabajo, se define como el cociente de dividir el número de órdenes de trabajo ejecutadas sobre el número de horas que se dedican en mantenimiento.

$$\text{Tiempo medio} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Ordenes de trabajo ejecutadas}}{\text{N}^\circ \text{ de horas dedicadas a mantenimiento}}$$

²² GARCIA GARRIDO. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos, 2003. 121 p

9. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

En el diseño del plan de mantenimiento se dan a conocer las actividades que se han de desarrollar a lo largo de la ejecución del mismo; el diseño se efectuó en el programa Project, facilitando la integración de tiempos y otros recursos necesarios en cada tarea por cada máquina crítica.

El resultado de las actividades a realizar se da con el fin de conocer la cantidad de horas que se utilizarán en mantenimiento, además de las fechas de intervención, ya que las actividades de mantenimiento van ligadas a las actividades de producción, dado que al momento de intervenir una máquina se debe contar con la disponibilidad de la misma; ésta disponibilidad se debe acordar con las actividades que se tengan programadas en producción. Por consiguiente, se establecen ciertos parámetros que abren un lazo de comunicación eficaz para llevar los tiempos de cada máquina sin que la producción se vea afectada:

- ✓ El encargado de mantenimiento, debe tener conocimiento del cronograma de producción, para su debida intervención a cada máquina
- ✓ Establecidos los tiempos de trabajo, se programan las actividades preventivas de acuerdo al cronograma de producción
- ✓ En actividades de mantenimiento programado trimestral, semestral y anual, se deberá comunicar en el comité de producción para no interferir con el cronograma de producción en las fechas que se realice mantenimiento
- ✓ El software Factory facilita la ejecución de las tareas de mantenimiento y es de vital importancia que el encargado de mantenimiento sepa de la utilidad ya que va de la mano con el programa de producción
- ✓ En la fechas programadas para la intervención de las máquinas se tiene a disposición la compra de repuestos por tal motivo se ha de disponer los recursos exclusivamente para la compra de repuestos.

El cronograma completo de mantenimiento se encuentra en los anexos y todo el plan descrito va vinculado con las ordenes de trabajo llevando un control de las mismas.

Imagen 15. Cronograma de mantenimiento

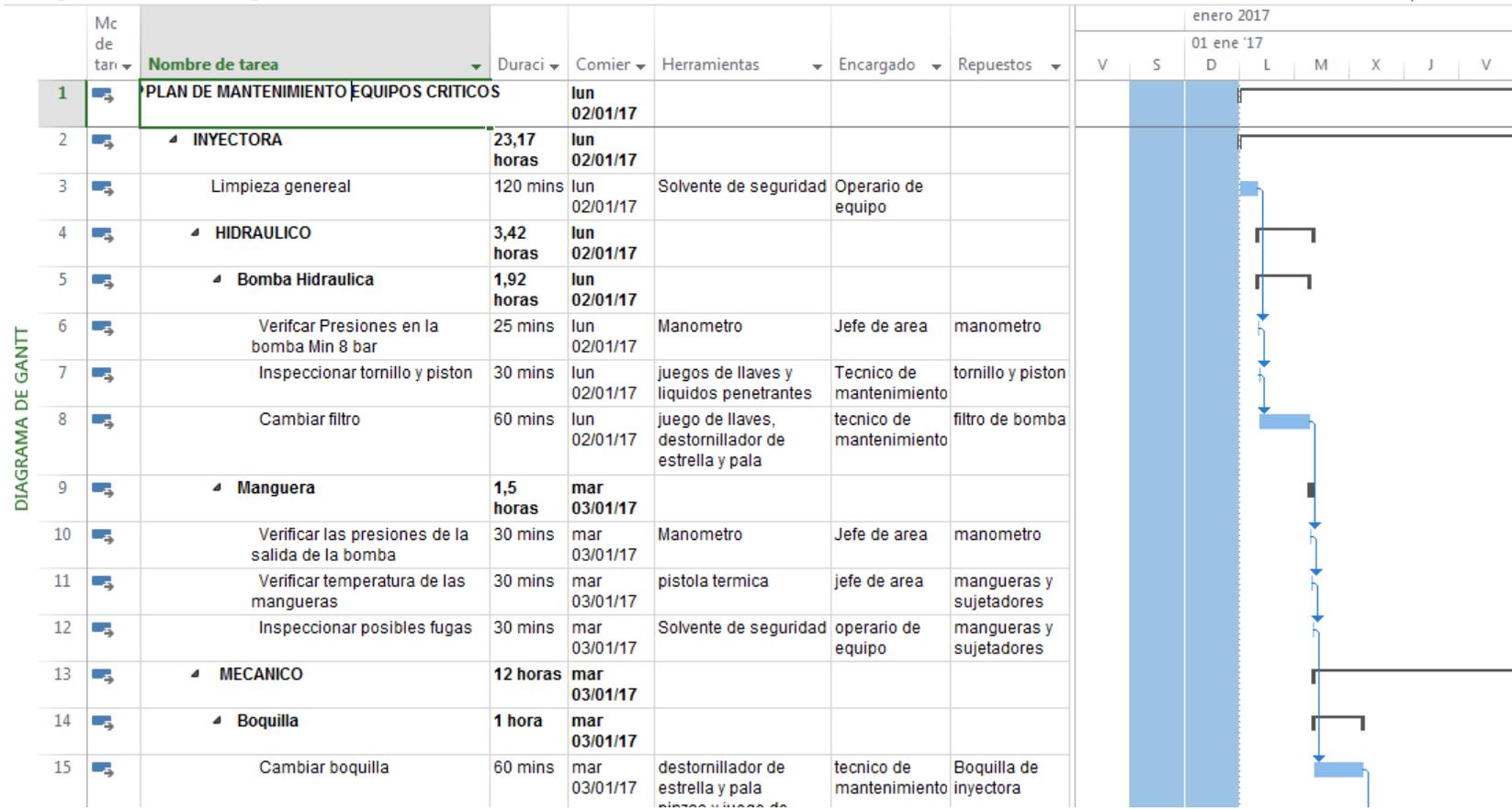
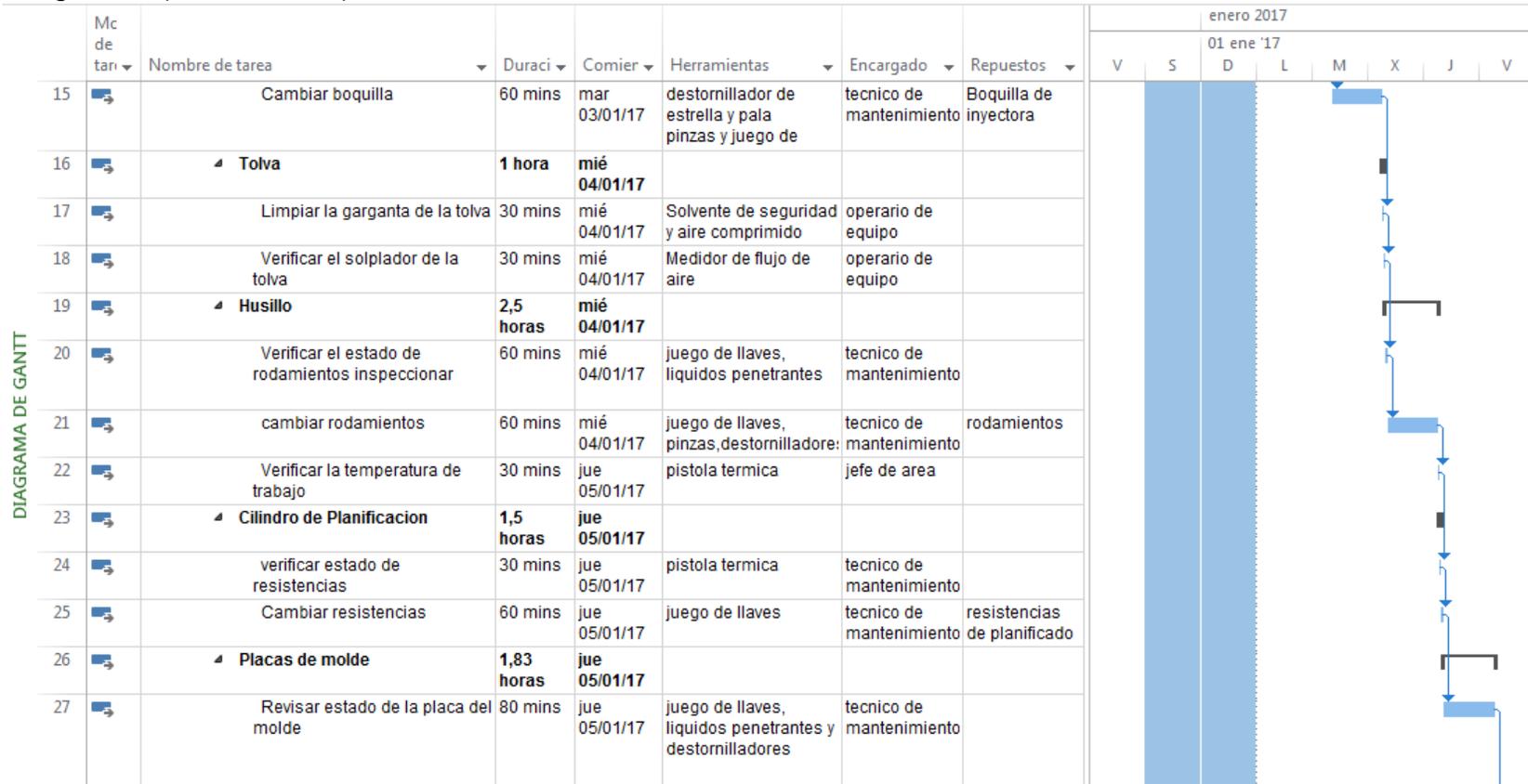


Imagen 15. (Continuación)



9.1 ESTRATEGIAS PARA SOTENIBILIDAD

De acuerdo con el análisis realizado en el área de mantenimiento, se establecen recomendaciones para que las tareas de mantenimiento anteriormente mencionadas den sostenibilidad para llevar a cabo el plan en su correcta ejecución.

Las actividades recomendadas para sostenibilidad del plan son las siguientes:

- ✓ Divulgar el plan de mantenimiento mediante capacitaciones a todo el personal de la planta, generando así, compromiso con la empresa de parte de cada uno de ellos
- ✓ Crear un departamento de mantenimiento que efectúe un seguimiento y asegure la implementación de las tareas contenidas en el plan, calculando la efectividad del mismo y tomando acciones pertinentes ante cualquier situación adversa que se presente en su ejecución
- ✓ Conocer las habilidades de los operarios y técnicos con múltiples competencias ofreciendo a la empresa mayor capacidad de respuesta y eficiencia en sus procesos de producción; esta estrategia asegura que el personal cuente con las competencias suficientes para llevar a cabo los programas sistemáticos anteriormente nombrados
- ✓ Administrar inventarios como un factor clave para la gestión de mantenimiento ya que incide directamente en costos, mantenibilidad, y la disponibilidad de los activos, dadas las circunstancias se requiere un plan estructurado que administre los inventarios para tener en cuenta lo que realmente se requiere y en el momento en que se requiere
- ✓ Contratar personal con experiencia que apoye las tareas de mantenimiento según el plan descrito, además debe tener pericia en el manejo del software, puesto que este programa contiene la información necesaria y útil en las acciones que se generen en las ordenes de trabajo
- ✓ Realizar convenios con proveedores para la adquisición de repuestos, conociendo el plan de actividades y el consumo de repuestos por cada una de las máquinas críticas; evitando el exceso de inventario en stock teniendo en cuenta los tiempos de entrega y la calidad de los mismos
- ✓ Generar un sistema de chequeo diario por el operario antes de realizar las tareas de producción, evitando así intervenciones de emergencia dado que si se evidencia algo anormal en la máquina debe ser comunicado al área de mantenimiento y allí realizar el estudio de la causa raíz de la anomalía que presente para que sea solucionado eficazmente

- ✓ Desarrollar los indicadores de gestión de acuerdo a las ecuaciones descritas, ya que estos brindan los datos necesarios para la comparación de que tan efectiva ha sido la empresa antes y después de implementar el plan de mantenimiento
- ✓ Destinar un presupuesto acorde con el plan destinado asegurando que las operaciones a realizar vallan de acuerdo a las fechas del cronograma, obteniendo una baja en el índice de costos que acarrearán las actividades de mantenimiento
- ✓ Elaborado el plan se requiere dedicación de un programador que ejecute la base de datos de acuerdo a los lineamientos que brinda el software dando sostenibilidad a las actividades que se encuentran en el cronograma, además de llevar un control en cuanto a la cantidad de repuestos que se han utilizado
- ✓ Para los equipos semi-critos se destinó un plan de mantenimiento de tareas básicas que permitan llevar un control adecuado de las intervenciones e insumos que estas máquina requieran, siendo igual de riguroso que con los equipos críticos

10. EVALUACION FINANCIERA

En el análisis financiero evaluó el costo que se tendrá en la ejecución del plan de mantenimiento, teniendo en cuenta los costos de las rutas de inspección, lubricación, ajuste y limpieza. Estos costos se calcularon de acuerdo al tiempo de duración y ejecución del personal designado.

10.1 PROYECCIÓN DE COSTOS

La proyección de los costos de ingeniería del proyecto, hacen referencia al tiempo que se utilizará para la implementación y los costos que implica. En el siguiente cuadro se explica el valor por hora de la intervención de acuerdo al cargo que desempeñan:

Cuadro 29. Descripción de trabajadores involucrados en el plan

Cargo	Sueldo mensual	Valor diario	Valor hora hombre
Operario	\$ 689.545	\$ 34.477	\$ 3.450
Jefe de Área	\$1'800.000	\$ 90.000	\$ 9.000
Jefe de Mantenimiento	\$ 2'500.000	\$ 125.000	\$ 12.500
Técnico	\$ 1'200.000	\$ 60.000	\$ 6.000

El costo de las capacitaciones se determinó por el tema, el número de personas que asistieron y de acuerdo al cargo que ocupan en la empresa.

Cuadro 30. Costo de Capacitaciones del plan

Capacitación	Tiempo (horas)	Costo	Total
Introducción	2	\$ 93.750	\$ 187.500
Formatos	2	\$ 76.500	\$ 153.000
Programa de Mantenimiento	2	\$ 79.950	\$ 159.900
Software Factory	2	\$ 76.500	\$ 153.000

Los costos anuales se determinaron de acuerdo al tiempo que requiere el personal para realizar las tareas que se proponen en el plan de para equipos críticos.

Cuadro 31. Costos del plan anual de equipos críticos

Equipo	Cargo	Valor	Valor total
Inyectora #1	Operario	\$ 131.400	\$ 25'177.364
	Jefe de Área y Técnico	\$ 154.988	
	Jefe de Mantenimiento	\$ 4'163.550	
Inyectora #2	Operario	\$ 131.400	
	Jefe de Área y Técnico	\$ 154.988	
	Jefe de Mantenimiento	\$ 4'163.550	
Inyectora #3	Operario	\$ 131.400	
	Jefe de Área y Técnico	\$ 154.988	
	Jefe de Mantenimiento	\$ 4'163.550	
Llenadora	Operario	\$ 44.300	
	Jefe de Área y Técnico	\$ 222.400	
	Jefe de Mantenimiento	\$ 5'972.250	
Blower	Operario	\$ 39.700	
	Jefe de Área y Técnico	\$ 1'785.900	
	Jefe de Mantenimiento	\$ 3'763.000	

Los costos de ruta se proyectaron de acuerdo con las horas que requieren cada ruta de inspección, lubricación, ajuste y limpieza en el año.

Cuadro 32. Costos de Rutas

Ruta	Valor ruta anual
Inspección	\$ 819.300
Ajuste y Limpieza	\$ 1'127.760
Lubricación	\$ 190.980
Total	\$ 2'138.040

En el siguiente cuadro se suman los costos que generan cada actividad que se propone realizar para así determinar los costos generales del plan de mantenimiento.

Cuadro 33. Costos Generales de mto

Concepto	Valor
Plan	\$ 25'177.364
Rutas	\$ 2'138.040
Repuestos	\$ 11'234.600
Capacitaciones	\$ 653.400
Total	\$ 39'203.404

El costo del lucro cesante es la suma de los costos que representa la parada de un equipo durante una hora tomando en cuenta factores como los costos de repuestos, costo de producción, la hora hombre del operario, del técnico y del jefe de mantenimiento.

Cuadro 34. Lucro Cesante

Concepto	Valor
Operario (H.H.)	\$ 3.450
Técnico (H.H.)	\$ 6.000
Hora Jefe de Mantenimiento	\$ 12.500
Costos de Producción	\$ 576.000
Costo Horario Falla Total	\$ 597.950

Para realizar la comparación financiera se tomó un valor del 2015 que representa los gastos netos en repuestos que fue de 21.154.884, también se le sumo un valor determinado de acuerdo a las horas de trabajo del jefe de mantenimiento alrededor del año en analizado.

Cuadro.35 Costos año 2015

Concepto	Valor
Repuestos	\$ 21´154.884
Mano de Obra	\$ 40´000.000
Otros Gastos	\$ 7´000.000
Total	\$ 68´154.884

Evaluando los costos totales del año 2015 fueron de \$ 68´154.884 pesos colombianos, de acuerdo al planteamiento del plan de mantenimiento se espera una reducción de costos de mantenimiento del 43% con respecto al valor del año 2015.

El plan de mantenimiento promueve la reducción de costos hasta \$ 39´203.404 pesos colombianos. La mano de obra se extrajo del valor que cuesta tener un jefe de mantenimiento trabajando en la planta y otros gastos emergen de gastos ocultos como contratación de personal externo que no se tienen en el reporte de trabajo al que se tuvo acceso.

Los costos de repuestos se obtuvieron de los suministros necesarios para cumplir con el plan de mantenimiento que son de aproximadamente \$ 11´234.600 pesos colombianos, que disminuyen a comparación del año 2015 donde estos fueron de \$ 21,154.884 solo en compra de repuestos, más otros valores generados por la contratación de externos y problemas inesperados en planta por falta de control en las tareas y actividades que se realizan.

Los costos que fueron necesarios para el desarrollo del proyecto, recopilando los elementos empleados como herramientas, equipos de medición y demás materiales que se utilizaron oportunamente para desarrollar el proyecto.

Cuadro 36. Costo de los Proyectistas

Concepto	Valor total
Costo de Proyectistas	\$ 4'200.000
Computador	\$ 2'000.000
Insumos	\$ 1'000.000
Total	\$ 7'200.00

Dentro de los insumos se encuentran los costos de fotocopias, carpetas, impresiones, resmas de papel, costos de transporte y viáticos.

11. CONCLUSIONES

- ✓ Con el análisis de criticidad se dio a conocer los cinco equipos críticos y desarrollar estrategias para mejorar la confiabilidad operacional
- ✓ El formato AMEF permitió determinar las causas específicas de las fallas y con esta información se diseñó el plan de mantenimiento más acertado para las máquinas críticas
- ✓ Se creó una base de datos donde el personal tiene acceso a los parámetros de mantenimiento de las máquinas y contribuir con el cumplimiento del plan de mantenimiento
- ✓ Se implementó y se actualizó la información del software de mantenimiento desarrollando capacitaciones del software llevando un seguimiento del plan de mantenimiento logrando que Factory no quedara obsoleto en esta división
- ✓ Se crearon planes sistemáticos de inspección, lubricación, ajuste y limpieza para programar la cantidad de paradas y el número de intervenciones que se realizan a cada máquina obteniendo como resultado una disminución de las mismas
- ✓ Con la implementación del plan de mantenimiento se redujo los gastos totales de mantenimiento en un 43% menos con respecto al valor del año 2015

12. RECOMENDACIONES

- ✓ Programar la realización del plan de mantenimiento como se diseñó en el proyecto de grado, motivando al personal, dando compromiso para que la implementación se lleve de forma eficaz
- ✓ Mejorar los sistemas de ventilación de las áreas de plástico y plastilina, por la gran concentración de material particulado que se acumulan en éstas
- ✓ Contratar un técnico que apoye el área de mantenimiento teniendo como objetivo el seguimiento para la realización del plan de mantenimiento en cada una de sus fases y de acuerdo con en el balance de cargas se da soporte de la necesidad del personal que se requiere
- ✓ Implementar las rutas diseñadas para obtener los índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, obteniendo un porcentaje de avance sobre el estado de la planta
- ✓ Realizar seguimiento al personal externo de la planta que realice mantenimiento por garantía, exigiendo un diagnostico veraz y óptimo funcionamiento ya que actualmente éste no ha sido de alta calidad presentando mayores intervenciones en cada máquina

BIBLIOGRAFIA

BOCANEGRA, Víctor. Aplicación del RCM a Equipos de la empresa GYE, tesis. México 2010

CAMACHO GONZALES, Javier Alfonso. Modelo de mantenimiento para la mejora de la disponibilidad de la flota de aviones DASH8-100 y BOEING 737 NG Monografía de grado Especialista en Gerencia de mantenimiento. Bucaramanga. Facultad de Ingenierías físico mecánicas. 2012. 97 h

CASTAÑEDA BERNAL, Antonio José. Desarrollo e implementación de un sistema de mantenimiento planificado para los equipos de la empresa Industrias Harinera Los tigres S.A. Proyecto de Grado Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C. Facultad de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2016. 115 h

FACTORY. (2015). ERP Industrial FACTORY. Beneficios. Internet: (<http://factory.com.co/software-erp/software-mrp-ii/software-de-mantenimiento/>)

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA. Guía metodológica para elaboración de trabajos de grado. Bogotá D.C. 2011

GARCÍA GARRIDO. Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid: Continental, 2000.

GTC 62, Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. (IEC 60050-301)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajo de grado y otros de trabajo de investigación. NTC-1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 36 p.

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. 33P.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónica. NTC 4490. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1998. 23P.

PARRA LOPEZ, Carlos. Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla 2005.

PIRAGUA ESCOBAR, Juan Pablo. Desarrollo e implementación de un sistema de mantenimiento planificado para los equipos de la empresa industria Spring S.A. Proyecto de Grado Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C. Facultad de Ingenierías. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2012. 190 h.

VALDIVIESO TORRES, Juan Carlos. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A. Proyecto de Grado Ingeniero Mecánico. México. 2010. 116 h

ANEXOS

(Ver CD ROOM)

- Anexo A. Fichas técnicas de los equipos
- Anexo B. Puntos clave de inspección
- Anexo C. Puntos clave de ajuste y limpieza
- Anexo D. Rutas de inspección
- Anexo E. Rutas de ajuste y limpieza
- Anexo F. Puntos clave de lubricación
- Anexo G. Rutas de lubricación
- Anexo H. Cartas de lubricación
- Anexo I. Base de datos
- Anexo J. Certificados capacitación
- Anexo K. Formatos básicos, Hojas de vida

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros Kevin Andrés Mier Pinzón y Sergio Andrés Ruiz Olmos en calidad de titulares de la obra DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PARA LA EMPRESA "INDUSTRIAS PAYASITO S.A.S.", elaborada en el año 2017, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me(nos) corresponde(n) y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

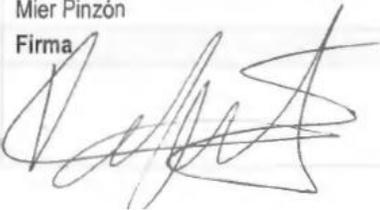
De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en (la ciudad), a los 09 días del mes de febrero del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1	
Nombres Kevin Andrés	Apellidos Mier Pinzón
Documento de identificación No 1.032.455.701	Firma 

Autor 2	
Nombres Sergio Andrés	Apellidos Ruiz Olmos
Documento de identificación No 1.070.329.978	Firma 