



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR LA
DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA DE INYECCIÓN DE
LA EMPRESA INDUSTRIAS PLÁSTICAS REUNIDAS
S.A.C”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. WALDO CHAVEZ GARCIA

Asesor:

Mg. Ing. PEDRO MODESTO LOJA HERRERA

Lima – Perú

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el(la) Bachiller **Waldo Chávez García**, denominada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA DE INYECCIÓN DE LA
EMPRESA INDUSTRIAS PLÁSTICAS REUNIDAS S.A.C”**

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera
ASESOR

Ing. Miriam Bravo Orellana
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Ulises Piscocoya Silva
JURADO

Ing. Luis Colonio García
JURADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, creador de todas las cosas, por haberme dado muchas fuerzas porque gracias a él pude realizar este trabajo.

Del mismo modo dedico esta tesis a mis padres Don Andrés y Doña Gloria que me han formado con valores, sentimientos y hábitos, lo cual me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles, siempre les estaré agradecido.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso que me dio las fuerzas necesarias para culminar mi trabajo.

A mis padres por apoyarme con mi hijo en los momentos que me dedicaba a realizar este trabajo.

Al Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera, por la dedicación y paciencia que ha tenido en todo momento que requería de su ayuda.

A Industrias Plásticas Reunidas SAC, por permitirme desarrollar mi proyecto de tesis.

A la universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería Industrial por brindarnos una formación profesional muy sólida, acompañada de buenos valores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Situación problemática.....	13
1.2. Justificación.....	14
1.2.1. <i>Objetivo</i>	15
1.2.2. <i>Objetivo Específicos:</i>	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. La industria de plásticos en el Perú:	16
2.1.1. <i>Evolución, estructura e importancia del sector</i>	16
2.1.2. <i>Evolución del consumo y de la producción</i>	16
2.1.3. <i>Estructura del mercado y grado de concentración industrial</i>	17
2.1.4. <i>Productos plásticos: definición, clasificación y principales aplicaciones</i>	18
2.1.5. <i>Proceso productivo</i>	19
2.1.6. <i>El moldeo de los plásticos</i>	20
2.1.6.1. <i>Moldeo a Alta Presión</i>	20
2.1.6.2. <i>Moldeo a Baja Presión</i>	21
2.1.6.3. <i>Diferencia entre moldeo por inyección y moldeo por soplado</i>	21
2.1.6.4. <i>Colada</i>	23
2.1.6.5. <i>Espumado</i>	24
2.1.6.6. <i>Calandrado</i>	24
2.2. Definición y conceptos básicos de mantenimiento	24
2.2.1. <i>¿Qué es el mantenimiento?</i>	24
2.2.2. <i>Historia del mantenimiento</i>	24
2.3. Funciones del mantenimiento.	25

2.3.1.	<i>Funciones primarias:</i>	25
2.3.2.	<i>Funciones secundarias:</i>	25
2.4.	Actividades y responsabilidades del mantenimiento	25
2.5.	Planes de mantenimiento.....	26
2.5.1.	<i>Las etapas en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo son:</i>	26
2.5.2.	<i>Formas de elaborar un Plan de Mantenimiento</i>	27
2.5.3.	<i>Los planes de mantenimiento y las recomendaciones de los fabricantes</i>	27
2.5.4.	<i>El plan de mantenimiento basado en protocolos de mantenimiento</i>	27
2.6.	Objetivos del mantenimiento.....	28
2.6.1.	<i>Disponibilidad:</i>	28
2.6.2.	<i>Confiabilidad</i>	30
2.6.3.	<i>Operatividad</i>	31
2.7.	Generaciones del mantenimiento	31
2.8.	Estrategias de mantenimiento	32
2.8.1.	<i>Mantenimiento correctivo:</i>	33
2.8.2.	<i>Mantenimiento predictivo:</i>	34
2.8.3.	<i>Mantenimiento preventivo.</i>	34
2.8.4.	<i>Ventajas:</i>	35
2.8.5.	<i>Desventajas:</i>	36
2.9.	Análisis de criticidad.....	37
2.9.1.	<i>¿Qué es el análisis de Criticidad?</i>	37
2.9.2.	<i>Términos y conceptos utilizados en el análisis de criticidad</i>	37
2.9.3.	<i>Descripción de la metodología de análisis de criticidad.</i>	38
2.9.4.	<i>Pasos para realizar el análisis de criticidad</i>	39
2.10.	Programa maestro de producción.....	41
2.10.1.	<i>El plan de producción</i>	41
2.10.2.	<i>El programa maestro de producción</i>	42
2.10.3.	<i>Planeación de los recursos materiales.</i>	42
2.10.4.	<i>Planificación de recursos de fabricación</i>	42
2.10.5.	<i>Sistemas integrados de gestión gerencial</i>	43
2.11.	Descripción de la máquina asignada para el proyecto	43
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		45
3.1.	Organización	45
3.2.	Actividades realizadas	47
3.2.1.	<i>Diagnóstico de la situación actual</i>	47
3.2.1.	<i>Identificación de máquinas críticas del proceso</i>	48
3.2.2.	<i>Identificación de las fuentes de paradas</i>	50
3.2.3.	<i>Elaboración de Fichas técnicas de máquinas inyectoras.</i>	51
3.2.4.	<i>Elaboración de cronograma de mantenimiento preventivo</i>	53
3.2.5.	<i>Elaboración de actividades de mantenimiento preventivo</i>	54

3.2.6.	<i>Procedimiento de planificación y ejecución</i>	55
3.2.6.1.	<i>Elaboración y aprobación del plan de mantenimiento preventivo</i> ...	56
3.2.6.2.	<i>Coordinaciones y control del mantenimiento</i>	56
3.2.6.3.	<i>Realización del mantenimiento preventivo</i>	56
3.2.7.	<i>Clasificación de los periodos del mantenimiento preventivo</i>	57
3.2.8.	<i>Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo</i>	59
3.2.9.	<i>Ratio de pérdida económica por de dejar de producir en una hora</i>	60
CAPÍTULO 4.	RESULTADOS	61
4.1.	Elaboración de tabla de criticidad	61
4.2.	Reporte de paradas correctivas después de la implementación	61
4.3.	Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	62
4.4.	Evaluación del rateo económico después de la implementación	63
4.5.	Evaluación de la disponibilidad después de la implementación del mantenimiento preventivo.....	63
CAPÍTULO 5.	DISCUSIÓN	64
5.1.	Análisis del nivel de volumen de producción	64
5.2.	Análisis de fallas con impacto en la implementación.....	65
5.3.	Clasificación de fallas antes de la implementación	67
5.4.	Clasificación de fallas después de la implementación de mantenimiento preventivo	68
CONCLUSIONES		69
RECOMENDACIONES		70
REFERENCIAS		71
ANEXOS		72
Anexo n°.	1. Indicador de disponibilidad de máquina antes de la implementación	73
Anexo n°.	2. Indicador de confiabilidad de la máquina antes de la implementación	74
Anexo n°.	3. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, objetivos y Alcance.....	75
Anexo n°.	4. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, elaboración y aprobación	76
Anexo n°.	5. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, realización	77
Anexo n°.	6. Indicador de disponibilidad después de la implementación del mantenimiento preventivo	78
Anexo n°.	7. Indicador de confiabilidad después de la implementación del mantenimiento preventivo	79
Anexo n°.	8. Solicitud de máquina para mantenimiento preventivo, vía correo electrónico	80
Anexo n°.	9. Formato de solicitud para solicitar intervención de máquina	81
Anexo n°.	10. Cuadro de Programación para cambios de molde y mantenimiento preventivo	82
Anexo n°.	11. Formato de historial de fallas de máquinas inyectoras	83

Anexo n.º 12. Equipo de técnicos ejecutando el mantenimiento preventivo	84
Anexo n.º 13. Hoja de control de parada, registrado al inicio y final de mantenimiento.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. Información cuantitativa referente a los kilos de producción mensual del año 2014 ...	14
Tabla n.º 2-1. Cuadro de diferencia entre moldeo por inyección y moldeo por soplado	23
Tabla n.º 2-2. Asignación de horas vista vertical	30
Tabla n.º 2-3. Matriz de Criticidad	38
Tabla n.º 2-4. Criterios para estimar la frecuencia	40
Tabla n.º 2-5. Rango de estimación de impacto de la falla.....	41
Tabla n.º 3-1. Formato para evaluar criticidad de las máquinas y equipos	48
Tabla n.º 3-2. Resultado de criticidad para máquinas inyectoras.....	49
Tabla n.º 3-3. Paradas de máquina por mantenimiento correctivo en el mes de enero del 2014...	50
Tabla n.º 3-4. Ficha técnica para maquinas inyectoras	52
Tabla n.º 3-5. Tabla de cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo.....	59
Tabla n.º 4-1. Matriz de criticidad.....	61
Tabla n.º 4-2. Indicador comparativo de paradas recurrentes antes y después de la implementación	62
Tabla n.º 4-3. Indicador de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	62
Tabla n.º 4-4. Comparativo de disponibilidad 2014 vs 2015.....	63
Tabla n.º 5-1. Indicador de volumen de producción después de la implementación.....	64
Tabla n.º 5-2. Clasificación de fallas en máquina KM 1000 antes de implementación	67
Tabla n.º 5-3. Descripción de fallas en máquina KM 1000 después de la implementación	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1-1. Distribución en la planta de Industrias Plásticas Reunidas SAC	13
Figura n.º 2-1. Principales tipos de plásticos	19
Figura n.º 2-2. Producto final del proceso de moldeo por inyección	22
Figura n.º 2-3. Producto final del proceso de moldeo por soplado	22
Figura n.º 2-4. Elaboración del Plan de Mantenimiento	28
Figura n.º 2-5. Distribución de las horas asignadas	29
Figura n.º 2-6. Disponibilidad y Confiabilidad	31
Figura n.º 2-7. Etapas de las generaciones del mantenimiento preventivo	32
Figura n.º 2-8. Estrategias de mantenimiento	33
Figura n.º 2-9. Niveles de análisis para evaluar criticidad	39
Figura n.º 2-10. Enlaces del programa maestro de producción	43
Figura n.º 2-11. Máquina asignada para el proyecto de implementación de mantenimiento preventivo	44
Figura n.º 3-1. Mapa de ubicación de Industrias Plásticas Reunidas SAC	45
Figura n.º 3-2. Organigrama del Área de Mantenimiento	46
Figura n.º 3-3. Indicadores de máquina inyectora KM 1000 en el año 2014	47
Figura n.º 3-4. Elaboración de cronograma de mantenimiento preventivo	53
Figura n.º 3-5. Registro de trabajos de mantenimiento preventivo	55
Figura n.º 3-6. Diagrama de Flujo de Mantenimiento Preventivo	58
Figura n.º 3-7. Ratio de tener una hora la máquina parada	60
Figura n.º 4-1. Comparativo de Impacto económico por mantenimiento correctivo	63
Figura n.º 5-1. Reporte de fallas recurrentes antes de la implementación	65

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de graduación, es la propuesta de **implementar un plan de mantenimiento preventivo** en la planta de inyección de la empresa Industrias Plásticas Reunidas S.A.C. Su importancia radica en la necesidad reducir y eliminar las paradas recurrentes e inesperadas que generan pérdidas de producción a la empresa.

El trabajo se realizó en planta de inyección de la empresa, en donde se evaluó la situación actual de ésta, así como la toma de datos necesarios para el presente trabajo de graduación. El trabajo consta de cinco capítulos.

En el primer capitulo trata sobre la importancia del sector industrial de crea el **mantenimiento preventivo**. Así como también la necesidad de la empresa Industrial Plásticas Reunidas SAC de implementar un plan de **mantenimiento preventivo**, en base a sus resultados obtenidos en el año 2014. Y que acciones se tomaron para lograr los objetivos.

Dentro del segundo capítulo se divide en dos partes, la primera donde hacemos referencia a los plásticos, evolución y desarrollo en el sector industrial en el Perú. Así como también los procesos de moldeo de plásticos más empleados (inyección y soplado). En la segunda parte se incluye todo el material teórico referente a conceptos de mantenimientos, definición, evolución y tipos. Así como también la información relacionada a **Disponibilidad**, Confiabilidad y Criticidad, por ser temas fundamentales para el logro de los objetivos del trabajo.

En el tercer capítulo, se incluyó toda la información concerniente a la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC., una breve historia, su organigrama, la situación actual, así como también presentamos los indicadores iniciales antes de la implementación del **mantenimiento preventivo**. Describimos todas las actividades que se han ido realizando para lograr el objetivo de **aumentar la disponibilidad** desde levantar información para la ficha técnica hasta tener el cumplimiento y ejecución del mantenimiento preventivo.

En el cuarto capítulo se evalúan los resultados de las actividades que se realizaron para lograr el objetivo de **aumentar la disponibilidad**, así como también revisar los indicadores resultantes después de la implementación del **mantenimiento preventivo** para hacer el comparativo con los indicadores iniciales.

En el quinto capítulo se analiza el impacto que ha tenido la implementación del **mantenimiento preventivo**, en cuanto a incremento de la producción se refiere. Así como también la reducción de fallas por paradas inesperadas y frecuentes que se tenían antes de la implantación.

Por último, mencionamos las conclusiones sobre los objetivos obtenidos y los beneficios generados a la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC.

Palabras Clave: Mantenimiento preventivo, aumento de disponibilidad.

ABSTRACT

The objective of this graduation work is the proposal to implement a preventive maintenance plan at the injection plant of the company Industrias Plásticas Reunidas S.A.C. Its importance lies in the need to reduce and eliminate the recurrent and unexpected stops that generate losses of production to the company.

The work was done in the company's injection plant, where the current situation of the company was evaluated, as well as the data required for the present graduation work. The work consists of five chapters.

In the first chapter deals with the importance of the industrial sector creates preventive maintenance. As well as the need of the company Industrial Plastics Reunidas SAC to implement a preventive maintenance plan, based on its results obtained in 2014. And what actions were taken to achieve the objectives.

Within the second chapter is divided into two parts, the first where we refer to plastics, evolution and development in the industrial sector in Peru. As well as the molding processes of plastics most used (injection and blowing). The second part includes all the theoretical material referring to concepts of maintenance, definition, evolution and types. As well as the information related to Availability, Reliability and Criticality, as they are fundamental subjects for the achievement of the objectives of the work.

In the third chapter, we included all the information concerning the company Industrias Plásticas Reunidas SAC, a brief history, its organization chart, the current situation, as well as the initial indicators before the implementation of preventive maintenance. We describe all the activities that have been carried out in order to achieve the objective of increasing the availability of information for the data sheet until the fulfillment and execution of preventive maintenance.

The fourth chapter evaluates the results of the activities carried out to achieve the goal of increasing availability, as well as reviewing the resulting indicators after the implementation of preventive maintenance to compare with the initial indicators.

The fifth chapter analyzes the impact of the implementation of preventive maintenance, in terms of increased production. As well as the reduction of failures by unexpected and frequent stops that were had before the implantation.

Finally, we mention the conclusions about the objectives obtained and the benefits generated to the company Industrias Plásticas Reunidas SAC.

Keywords: Preventive maintenance, increased availability.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

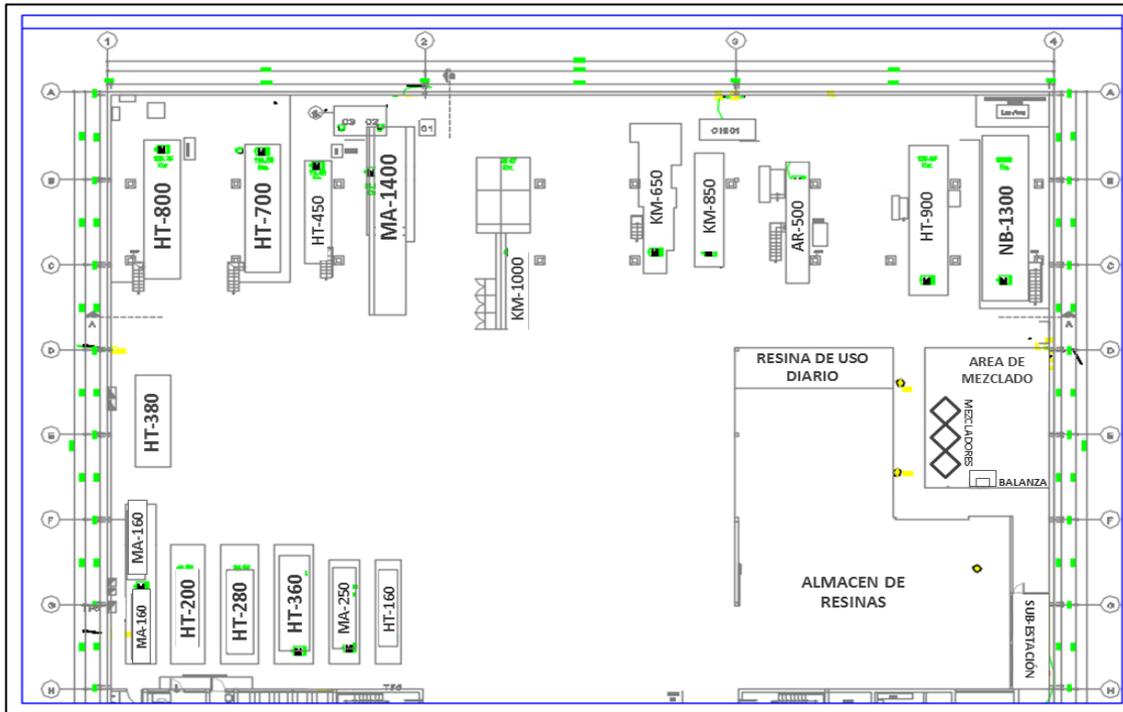
El mantenimiento de tipo preventivo nació de la necesidad del sector industrial de determinar qué tipos de acciones previas se deben realizar para garantizar el buen funcionamiento de una máquina y los sistemas que la integran, como es requerido en toda industria moderna y productiva. Al inicio de la revolución industrial primó el concepto de mantenimiento correctivo, que consiste en aplicar soluciones rápidas a las fallas que se presentan, sin hacer un análisis de las causas del problema para prevenir su ocurrencia. Uno de los principales beneficios de diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo es minimizar los tiempos de parada o tiempos muertos, en los cuales una máquina deja de funcionar, y que afectan el proceso productivo y causan pérdidas económicas a la empresa. Al analizar los problemas de una máquina el diseñador del programa puede integrar todos los tipos de mantenimiento. Donde lo ideal es disponer de registros históricos y estadísticas sobre la máquina que permitan identificar el problema y su posible solución.

Industrias Plásticas Reunidas SAC, es una empresa del sector industrial dedicada a la transformación del plástico, con productos fabricados principalmente de tres materias primas: polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y polipropileno. Actualmente, una de las prioridades de la empresa es implementar un programa de mantenimiento preventivo para sus máquinas inyectoras que son de vital importancia en su proceso productivo. La finalidad de esta tesis es la elaboración del manual de mantenimiento preventivo de las máquinas inyectoras de la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC., localizada en el Jr. Víctor Reynel N^o 766 - Cercado de Lima. Para realizar este trabajo, la empresa cuenta con información histórica y estadística del funcionamiento de las máquinas que, junto a los manuales técnicos y las recomendaciones del fabricante, va a ser analizada para la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Lo que busca este trabajo es poder demostrar que se puede llevar a cabo la implementación a partir del conocimiento del contexto en que trabajan estas máquinas inyectoras, y que partiendo de un principio teórico, es posible armar un plan estructurado con pasos simples pero eficaces si se tienen de estos un cumplimiento claro y preciso.

Se tomó como base para el estudio de las fallas, un formato de reportes de producción, aquí se encuentra la información de las máquinas durante sus horas de trabajo.

Los operarios llenan este formato “hoja de parada de máquina”, donde especifican las horas trabajadas y reportan las fallas de las máquinas, clasificadas de la siguiente manera: 1 Material contaminado, 2 Problemas mecánicos, 3 Purga de máquina, 4 Corte de energía, 5 Problemas con el molde, 6 Problemas eléctricos, 7 Limpieza de máquina, 8 Colocar en Operación a la máquina, 9 Problemas con el aire. Toda esta información se lleva a una hoja de cálculo donde esta reportadas las fallas o problemas de cada máquina de la planta.

Figura n.º 1-1. Distribución en la planta de Industrias Plásticas Reunidas SAC



Fuente: Plano de Instalaciones Eléctricas IPR SAC - 2014

1.1. Situación problemática

Industrias Plásticas Reunidas SAC., cuenta con 18 máquinas inyectoras en su planta de producción, estas máquinas están programadas las 24 horas del día, los 30 días del mes. Pero el problema es que, estas máquinas paran por fallas de forma inesperada y recurrente, generándose así paradas por mantenimiento correctivo.

El área de producción proyecta las cantidades de kilos que cada máquina debe de producir de forma diaria, esto para satisfacer las necesidades del área comercial. Al existir paradas frecuentes en las máquinas inyectoras por mantenimiento correctivo, no se logra cumplir con lo programado.

Debido a que el área de mantenimiento no sigue ningún sistema de trabajo planificado, cuando ocurre una parada inesperada, su personal técnico realiza las correcciones necesarias para que las máquinas continúen trabajando, hasta que ocurra otra parada de tipo correctivo.

En adición a esto, al ser paradas correctivas no se cuenta con el stock necesario de los repuestos que se tienen que reemplazar y volver a poner en marcha una máquina toma en algunos casos hasta varios días.

Con este escenario tenemos como resultado que las máquinas inyectoras solo logran alcanzar el 84% de disponibilidad en promedio al mes, los cuales son insuficientes para alcanzar los objetivos de producción requeridos.

1.2. Justificación

La presente investigación se justifica porque evalúa y analiza el estado y situación de las máquinas inyectoras de la planta, en base a técnicas cualitativas (análisis de criticidad) y técnicas cuantitativas (kilos de producción diaria); además porque evalúa el mantenimiento que se practica para dichos equipos; y es importante, porque teniendo en cuenta el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo, se propone incrementar la disponibilidad de las máquinas inyectoras de la planta, en base a la implementación de un plan de mantenimiento.

Tabla n.º 1. Información cuantitativa referente a los kilos de producción mensual del año 2014

FECHA	MAQUINA	MOLDE	CICLO	PESO	CAVIDAD MOLDE	HORAS TEORICAS	HORAS REALES	PIEZAS TEORICAS	PIEZAS REALES	KILOS TEORICOS	KILOS REALES	KILOS PERDIDOS	% KILOS PERDIDOS
ene-14	KM-1000	Tacho 35-Cuerpo	53.83	0.96	1	656	585	43871	39123	42292	37715	4577	11%
feb-14	KM-1000	Caja Organizadora Bajo Cama-Cuerpo	38.87	0.88	1	621	533	57515	49365	50556	43391	7164	14%
mar-14	KM-1000	Caja Organizadora Dlux 80-Cuerpo	35.00	1.16	1	624	540	64183	55543	74452	64430	10022	13%
abr-14	KM-1000	Cesto Elegante Grande-Cuerpo	23.32	1.27	1	658	564	101578	87067	129410	110923	18487	14%
may-14	KM-1000	Durasilla Elegante	54.56	2.05	1	651	579	42955	38204	87885	78165	9720	11%
jun-14	KM-1000	Caja Industrial 100 C/Asa	132.16	4.44	1	623	546	16970	14873	75365	66050	9315	12%
jul-14	KM-1000	Duraforte 200/220-Cuerpo	91.45	2.97	1	633	542	24919	21336	74008	63369	10639	14%

Fuente: Área de producción, IPR

1.2.1. Objetivo

Reducir y eliminar las paradas recurrentes e inesperadas que generan pérdidas de producción a la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC, aumentando la disponibilidad de la planta de inyección mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

1.2.2. Objetivo Específicos:

- a) Diagnóstico de la situación actual
- b) Identificar la criticidad de las máquinas
- c) Identificar las fuentes de paradas
- d) Creación de fichas técnicas de máquinas
- e) Elaborar un plan de mantenimiento preventivo
- f) Evaluación de la disponibilidad después de la implementación

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. La industria de plásticos en el Perú:

2.1.1. Evolución, estructura e importancia del sector

En el Perú, dada la inexistencia de una industria petroquímica, la industria de productos plásticos se encarga de procesar los diferentes tipos de plásticos y transformarlos en productos finales. Las empresas del sector se dedican a la fabricación de uno o más tipos de productos plásticos, de modo que el grado de concentración industrial varía de acuerdo al mercado específico del producto plástico que se trate. Algunas empresas, tales como Peruplast y Amanco del Perú, tienen una elevada participación de mercado en sus respectivos rubros (productos plásticos con base en el polietileno y PVC, respectivamente), elevando los indicadores de concentración industrial en ellos. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 7)

2.1.2. Evolución del consumo y de la producción

En los últimos años, la producción de productos plásticos ha mostrado un ritmo de crecimiento relativamente elevado, impulsado por la paulatina recuperación de la demanda interna y por el gradual aumento en el número de aplicaciones y usos del plástico en diferentes sectores económicos, destacando el caso de los envases PET para la industria de aceites comestibles y bebidas gaseosas, entre otros. De otro lado, también el crecimiento de los rubros de exportación no tradicional – entre los cuales destacan el sector agroindustrial, el textil y la manufactura misma de productos plásticos destinados al consumidor final – han generado un incremento en la demanda por productos plásticos. No obstante, el ritmo de expansión de la industria se desaceleró en el 2003, en el cual la producción del sector creció 2.1%, comportamiento que viene manteniendo en lo que va del presente año (en el período enero – setiembre experimentó un crecimiento de 1.7% respecto a similar período del 2003). Dicha desaceleración estaría en parte explicada por la sustitución de productos plásticos de origen nacional por productos importados (las importaciones se incrementaron 12.5% en el 2003, previéndose un aumento similar en el presente año), así como por el contrabando y la producción informal. En este sentido, mientras que ciertos rubros muestran un importante dinamismo, tales como la producción de envases PET y de productos en base a polipropileno, otros rubros, tales como el de productos en base a poliestireno, se han contraído en los últimos años, mostrando así comportamientos diferentes al interior de la industria local de productos plásticos. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 7)

En cuanto a los principales rubros de la industria, la manufactura de productos plásticos finales a base de polietileno ha mostrado una contracción de 5.8% en los nueve primeros meses del año respecto a similar período del 2003, luego de haber crecido 1.5% y 4.5% en el 2002 y 2003, respectivamente. Pese a la diversidad de productos elaborados a partir del polietileno, la mayoría de éstos se orientan al consumo masivo (juguetes, bolsas para productos de consumo, botellas,

películas para productos de higiene personal, entre otros) y enfrentan una fuerte competencia por parte de la producción informal y de los productos importados. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 7)

De otro lado, la producción de plásticos en base a poliestireno mostraría en el 2004 una caída por tercer año consecutivo (en el período enero – setiembre se va contrayendo 25.4%). Ello estaría relacionado, al igual que en el caso de los productos de polietileno, a la alta concentración en productos orientados al consumo masivo (juguetes, instrumental médico, equipajes, reflectores de luz, entre otros), en los cuales los fabricantes nacionales enfrentan a la competencia externa y a la informal. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 7)

Finalmente, entre los principales rubros de la industria de plásticos destaca la manufactura de productos en base a PET, la cual registró un crecimiento de 7% en el 2003 y 3.3% en los primeros ocho meses del 2004, siendo el rubro más dinámico en la industria durante los últimos años. La fabricación de productos PET viene siendo impulsada por la demanda externa y, principalmente, por el crecimiento de la industria de bebidas gaseosas, que demanda envases elaborados con esta forma primaria de plástico. Asimismo, algunos productos PET son destinados a la industria textil y a la actividad constructora, sectores que muestran actualmente un fuerte crecimiento. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 7)

2.1.3. Estructura del mercado y grado de concentración industrial

En cuanto a la estructura del mercado, en términos de volumen (TM), en el 2003 las exportaciones de bienes finales representaron el 30% del total producido, tasa que se mantuvo durante el período enero – setiembre 2004 (31%). En consecuencia, la producción restante estaría destinada a satisfacer la demanda doméstica, compitiendo en el mercado interno con un significativo volumen de importaciones de productos finales. En este sentido, debe considerarse que alrededor del 85% de las importaciones están constituidas por productos plásticos en formas primarias, de modo que la producción interna de productos finales compite con el 15% de las importaciones de plásticos. De esta forma, la competencia con los productos finales importados es intensa, dado que éstos mantienen una participación en el mercado local de aproximadamente 37%. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 8)

La producción formal interna también enfrenta la fuerte competencia de la producción informal, considerando el relativamente bajo costo que implica iniciar líneas de producción de algunos productos plásticos finales. Según estimados de representantes de la industria, la producción informal equivale a cerca del 25% del sector formal de plásticos, el cual factura aproximadamente US\$900 millones anuales. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 8)

En la industria del plástico intervienen, directa e indirectamente, cinco subsectores:

- Productores de resinas y materiales plásticos en formas primarias (prácticamente no existe una industria local)

- Fabricantes de equipos y maquinarias
- Productores de moldes
- Empresas transformadoras, que conforman la industria local de plásticos propiamente dicha, la cual utiliza los materiales plásticos en forma primaria y los transforma en productos finales; algunas empresas combinan diferentes materiales primarios para obtener “compuestos” con características físicas y químicas distintas, los cuales posteriormente venden a las transformadoras.

2.1.4. Productos plásticos: definición, clasificación y principales aplicaciones

La industria de productos plásticos en el Perú se encarga de transformar en productos finales los productos de plástico elaborados por la industria petroquímica de otros países con base en la resina, la cual es un derivado del petróleo. De esta forma, dependiendo del grado de procesamiento de la resina, se obtienen diferentes tipos de plásticos. A su vez, del procesamiento de cada uno de estos últimos se obtienen los productos plásticos finales. Cabe destacar que cada tipo de plástico tiene usos específicos, es decir, sirve para elaborar productos plásticos que comparten propiedades químicas similares. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 2)

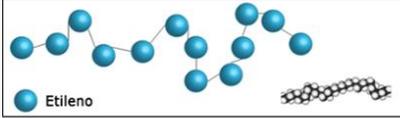
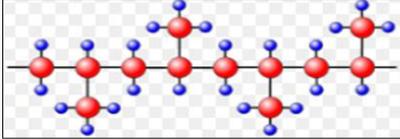
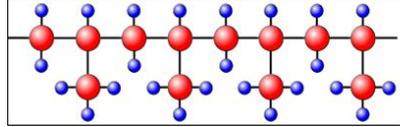
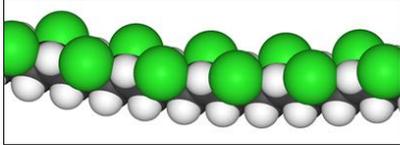
Entre los principales derivados de la resina se encuentran los siguientes productos plásticos:

- 1) Polietileno: el plástico más popular, utilizado para la fabricación de bolsas plásticas en general
- 2) Poliestireno: es un plástico más duro y también flexible
- 3) Polipropileno: utilizado en la elaboración de sacos para harina de pescado y geomembranas o mantas sintéticas
- 4) P.V.C.: empleado para la fabricación de tubos de construcción y geomembranas
- 5) Plastificantes D.O.P.
- 6) Masterbatch
- 7) Sulfato Tribásico de Plomo
- 8) Resina PET para envases: envases plásticos principalmente para bebidas gaseosas.

Estos productos plásticos tienen una amplia diversidad de usos y aplicaciones, entre los cuales destacan, de acuerdo a los sectores demandantes:

- 1) Industrias manufactureras: envolturas, empaquetado, envases PET, telas plásticas (usadas en la elaboración de prendas de vestir, calzado, carteras, carpas y toldos, entre otros)
- 2) Industria pesquera: sacos de polipropileno para harina de pescado
- 3) Actividad minera: geomembranas
- 4) Sector agroindustrial: envases y envolturas, tuberías de PVC para proyectos de riego
- 5) Actividad comercial mayorista y minorista: bolsas y envolturas
- 6) Sector construcción: fabricación de tubos de PVC, pisos vinílicos, planchas fórmicas

Figura n.º 2-1. Principales tipos de plásticos

<u>Productos plásticos</u>	<u>Estructura tridimensional</u>	<u>Nombre IUPAC</u>
Polietileno		$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$
Poliestireno		$\left[\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$
Polipropileno		$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$
Policloruro de vinilo		$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \right]_n$

Fuente: Elaboración propia

2.1.5. Proceso productivo

El término “plástico”, en su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperatura propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 3)

“En sentido restringido, se denota así a ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales”. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 3)

De este modo, los plásticos son materiales poliméricos orgánicos (compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural (por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho natural) o sintéticas (como el polietileno y el nylon). Los materiales empleados en la fabricación de plásticos son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución, con los cuales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y

ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

El proceso de elaboración de los plásticos y de los productos finales manufacturados a partir de éstos implica cuatro pasos básicos:

- Obtención de las materias primas
- Síntesis del polímero básico
- Composición del polímero como un producto utilizable industrialmente
- Moldeo o deformación del plástico a su forma definitiva

Cabe señalar que en el Perú no se llevan a cabo, de manera industrial, los pasos segundo y tercero (que corresponden a la industria petroquímica), sino principalmente el cuarto paso, de moldeo o deformación del plástico para la elaboración de productos finales.

2.1.6. El moldeo de los plásticos

Así, el moldeo de los plásticos consiste en dar las formas y medidas deseadas a un plástico por medio de un molde. El molde es una pieza hueca en la que se vierte el plástico fundido para que adquiera su forma. Para ello los plásticos se introducen a presión en los moldes. En función del tipo de presión, tenemos dos procesos: (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 5)

2.1.6.1. Moldeo a Alta Presión

Presenta un rango entre 120 A 200 bares de presión aproximadamente.

Se realiza mediante máquinas hidráulicas que ejercen la presión suficiente para el moldeo de las piezas. Básicamente existen tres tipos: compresión, inyección y extrusión.

1. Compresión: en este proceso, el plástico en polvo es calentado y comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica, ya que la presión requerida en este proceso es muy grande. Este proceso se usa para obtener pequeñas piezas de baquelita, como los mangos aislantes del calor de los recipientes y utensilios de cocina. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 5)

2. Inyección: se introduce el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfín. Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo sinfín lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma. El molde y el plástico inyectado se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección resulta muy indicado para la producción de grandes series de piezas. Por este procedimiento se fabrican palanganas, cubos, carcasas, componentes del automóvil, etc. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 5)

3. Extrusión: Es uno de los métodos más utilizados para procesar resinas termoplásticas, ya que permite obtener piezas de manera continua con formas y dimensiones constantes. El material plástico es empujado por un tornillo sinfín a través de un cilindro que acaba en una boquilla, lo que produce una tira de longitud indefinida.

2.1.6.2. Moldeo a Baja Presión

Se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde. Se emplean, básicamente, dos procedimientos:

a) consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos alimenticios en moldes que reproducen la forma de los objetos que han de contener.

b) consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado, como en la extrusión, aunque se trata de dos técnicas totalmente diferentes. Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, etc.

Presenta rango entre 10 A 40 bares de presión.

2.1.6.3. Diferencia entre moldeo por inyección y moldeo por soplado

Los termoplásticos normalmente vienen en forma de gránulos de plástico. En el moldeo por inyección y moldeo por soplado, estos gránulos se introducen en un cilindro calentado y se mezclan usando barrenas grandes. Los sinfines mueven el plástico fundido hacia adelante a través de la rotación, ya sea hacia una boquilla en el moldeo por soplado, o hacia el propio molde en el moldeo por inyección. Sin embargo, los procesos difieren en varios aspectos después de ese punto. (EHOW, 2011)

Figura n.º 2-2. Producto final del proceso de moldeo por inyección



Fuente: página Web Duraplast

Figura n.º 2-3. Producto final del proceso de moldeo por soplado



Fuente: página Web cellmattechnologies.com/productos

Tabla n.º 2-1. Cuadro de diferencia entre moldeo por inyección y moldeo por soplado

PROCESO	M. INYECCIÓN	M. SOPLADO
UNIÓN ENTRE MÁQUINA Y MOLDE	La maquinaria para el moldeo por inyección emplea una boquilla estrecha que se acopla con el molde, la barrena empuja el plástico fundido hacia un orificio en el molde.	La maquinaria de moldeo por soplado emplea una cabeza de troquel que extruye un tubo de plástico fundido.
MOLDES	Los moldes están sellados durante todo el proceso. La fuerza hidráulica puede mantener los moldes en su lugar, en vez de usar palancas o fuerza manual.	Los moldes se dividen al comenzar el proceso mientras que el plástico fundido se extruda por la cabeza de la boquilla. Cuando la máquina extruye suficiente plástico, los moldes se cierran alrededor del material.
AIRE	Reducir al mínimo el aire presente en el plástico inyectado es una prioridad. Las burbujas de aire disminuyen la calidad del producto. Cuando se configura correctamente, la cantidad de plástico inyectado debe llenar completamente el molde de inyección.	El moldeo por soplado tiene un enfoque diferente. La cabeza de la boquilla contiene un pin de soplado, este pin se extiende a través de la cabeza de la boquilla y en el molde. Después de cerrar los moldes, el aire es forzado en el molde para expandir el plástico a los límites de la cavidad del molde (interior hueco).
POSTMOLDEO	El proceso termina en el interior del molde, cuando el plástico se enfría, la máquina o un trabajador abre el molde. La parte interior del molde es expulsada. Puede requerir algún acabado, tales como el recorte del exceso de plástico, pero el proceso en esencia termina en la expulsión.	El moldeo por soplado tiene un número de variaciones. El proceso puede concluir en el primer molde. En otros tipos de moldeo por soplado, el aire puede ser inyectado en otra zona de la máquina.
PRODUCTOS	El moldeo por inyección produce piezas o componentes de plástico sólidos.	Los procesos de moldeo por soplado generan, en la mayoría de los casos, botellas u otros recipientes huecos.

Fuente: página Web ehowenespanol.com/diferencias-moldeo-soplado-moldeo-inyección

Además de los procesos de moldeo a alta y baja presión, existen otros tres procedimientos para moldear los plásticos:

2.1.6.4. Colada

Consiste en el vertido del material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y se solidifica. La colada es útil para fabricar pocas piezas o cuando emplean moldes de materiales baratos de poca duración, como escayola o madera. Debido a su lentitud, este

procedimiento no resulta útil para la fabricación de grandes series de piezas. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 6)

2.1.6.5. Espumado

Consiste en introducir aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes. Por este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano (PUR), etc. Con estos materiales se fabrican colchones, aislantes termo-acústicos, esponjas, embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros. (Banco Wiese Sudameris, 2004, pág. 6)

2.1.6.6. Calandrado

Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor.

Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor. (Banco Wiese Sudameris, 2004)

2.2. Definición y conceptos básicos de mantenimiento

2.2.1. ¿Qué es el mantenimiento?

El mantenimiento se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalaciones, calibración, reparación, y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimientos. (Zapata Torres, 2009)

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos máquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin. El mantenimiento se divide en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

2.2.2. Historia del mantenimiento

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. Pero en un concepto actual debemos prevenir fallas y de este modo reducir los riesgos de parada imprevistas. El mantenimiento no

empieza cuando los equipos e instalaciones son recibidos y montados, sino en la etapa inicial de todo proyecto y continúa cuando se formaliza la compra de aquellos y su montaje correspondiente, este cambio de conceptos de mantenimientos, se debe que el mantenimiento ha venido evolucionando a través de los años, por lo cual es necesario conocerlos. (Muñoz Abella, 2003)

El término "mantenimiento" se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE.UU. El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el coste global:

Los servicios de mantenimiento, no obstante, lo anterior, ocupan posiciones muy variables dependientes de los tipos de industria: Posición fundamental en centrales nucleares e industrias aeronáuticas. Posición importante en industrias de proceso. Posición secundaria en empresas con costos de paro bajos.

2.3. Funciones del mantenimiento.

2.3.1. Funciones primarias:

Mantener, reparar y revisar los equipos e instalaciones.

Generación y distribución de los servicios eléctricos, vapor, aire, agua, gas, etc.

Modificar, instalar, remover equipos e instalaciones.

Nuevas instalaciones de equipos y edificios.

Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo y programado. > Selección y entrenamiento del personal.

2.3.2. Funciones secundarias:

- Asesorar la compra de nuevos equipos.
- Hacer pedidos de repuestos, herramientas y suministros.
- Controlar y asegurar un inventario de repuestos y suministros.
- Mantener los equipos de seguridad y demás sistemas de protección
- Llevar la contabilidad e inventario de los equipos.
- Cualquier otro servicio delegado por la administración.

2.4. Actividades y responsabilidades del mantenimiento

- Dar la máxima seguridad.
- Mantener al equipo en su máxima eficiencia de operación.
- Reducir al mínimo el tiempo de paro.

- Reducir al mínimo los costos de mantenimiento.
- Mantener un alto nivel de ingeniería práctica en el trabajo realizado.
- Investigar las causas y remedios de los paros de emergencia.
- Planear y coordinar la distribución del trabajo acorde con la fuerza laboral disponible.
- Proporcionar y mantener el equipo de taller requerido.
- Preparar anualmente un presupuesto, con justificación adecuada que cubra el costo de mantenimiento.
- Establecer una rutina adecuada inspección de los equipos contra incendios, organizando y adiestrando al personal.

2.5. Planes de mantenimiento

Un plan de mantenimiento programado no es más que el conjunto de actividades de mantenimiento elaboradas para atender una instalación o un equipo. Este plan contiene todas las tareas necesarias para prevenir los principales fallos que pueden tener las instalaciones o los equipos. Es importante entender bien esos dos conceptos: que el plan de mantenimiento es un conjunto de tareas de mantenimiento agrupados en gamas, y que el objetivo de este plan es evitar determinadas averías. (Pesántes Huerta, 2007)

Los activos, equipos, maquinarias, edificaciones, instalaciones, sistemas y en general equipamiento complementario a los cuales se los incluye en el plan de mantenimiento preventivo tienen la característica de tener recomendaciones de manutención del fabricante en función de las horas de servicios prestados o de cualquier sistema de medición que se defina para el efecto. Siempre los activos críticos deberán ser considerados prioritarios dentro de la elaboración y posterior ejecución del plan.

2.5.1. Las etapas en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo son:

1. Determinación de los equipos, maquinarias e instalaciones establecidos, los cuales generalmente están relacionados directamente con los procesos productivos.
2. Determinación y tabulación de las recomendaciones, recurrencias y necesidades de mantenimiento establecidas por el fabricante y de las mejores prácticas en el mercado de servicios de mantenimiento.
3. Planificación de las tareas de mantenimiento a realizar en función de unidades de tiempo y recurrencias establecidas, las cuales deben ser previamente analizadas y tabuladas.
4. Determinación de los recursos necesarios y asignación de responsabilidades y tareas al personal que participará directa e indirectamente en las labores de mantenimiento.
5. Definición de los controles a cumplir y el monitoreo recurrente que se debe realizar al cumplimiento del programa.

2.5.2. Formas de elaborar un Plan de Mantenimiento

“A la hora de abordar el plan de mantenimiento de una instalación industrial, existen tres metodologías para llevarlo a cabo”: (Garcia Garrido, 2014)

1. Basándose en las recomendaciones de los fabricantes, con diversas aportaciones de los técnicos de mantenimiento de la planta
2. Basándose en protocolos de mantenimiento por equipo
3. Basándose en RCM, es decir, en el análisis de fallos potenciales de la instalación y en la determinación de medidas preventivas que eviten estos fallos.

2.5.3. Los planes de mantenimiento y las recomendaciones de los fabricantes

La determinación de las tareas de mantenimiento programado que componen el plan de mantenimiento de una instalación industrial puede hacerse por cualquiera de esos métodos, aunque la forma más habitual es basarse en las recomendaciones de los diversos fabricantes de los equipos que componen la planta. Esta metodología tiene algunas ventajas, como la sencillez a la hora de determinarlas, pero también graves inconvenientes. Siempre se debe considerar que basarse en ese método no era la forma más efectiva de elaborar el plan de mantenimiento inicial de una instalación. El segundo de los métodos expuestos para realizar el plan de mantenimiento, esto es, basarse en el empleo de protocolos generales de mantenimiento por tipo de equipo, soluciona algunos de los graves inconvenientes que tiene basarse en las recomendaciones de los fabricantes. (Garcia Garrido, 2014)

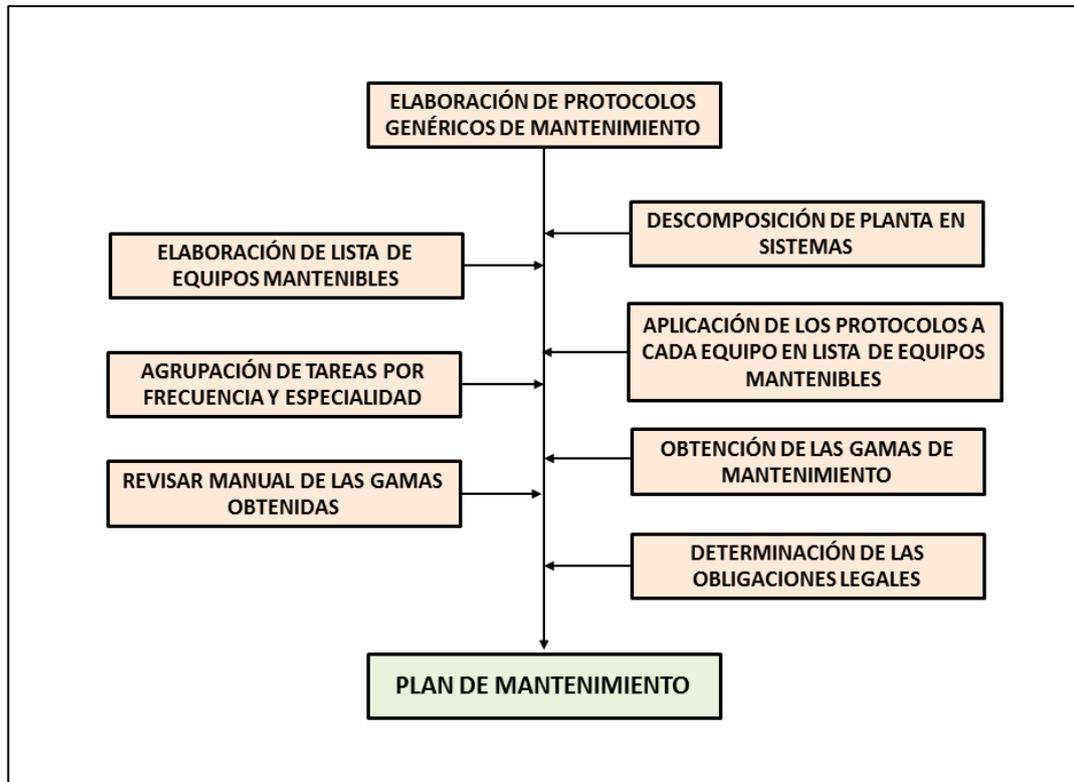
2.5.4. El plan de mantenimiento basado en protocolos de mantenimiento

Este método de determinación de las tareas que componen el plan parte del concepto de que los diferentes equipos que componen la planta pueden agruparse en tipos genéricos de equipos o equipo tipo, y que a cada equipo le corresponden una serie de tareas preventivas con independencia del quien sea el fabricante y cual sea la configuración exacta del equipo. (Garcia Garrido, 2014)

El conjunto de tareas de mantenimiento que corresponde a un equipo tipo se denomina protocolo de mantenimiento programado. Si se elaboran los protocolos de mantenimiento de todos los tipos de equipos presentes en una instalación industrial y se confecciona una lista con todos los equipos de que dispone la central, solo hay que aplicar el protocolo de mantenimiento que le corresponde a cada uno de ellos para tener una lista completa y detallada de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta.

El posterior tratamiento de esta gran lista de tareas para agruparlas por sistema, frecuencia y especialidad irá formando las diferentes gamas que componen el plan de mantenimiento de la planta.

Figura n.º 2-4. Elaboración del Plan de Mantenimiento



Fuente: Santiago García Garrido, publicó en su página web artículo de Elaboración de Planes de mantenimiento

2.6. Objetivos del mantenimiento

“El objetivo de la función de Mantenimiento es apoyar el proceso productivo con niveles adecuados de disponibilidad, confiabilidad y operatividad a un costo aceptable. Este objetivo consta de 3 sub-objetivos”: (Da costa Burga, 2010)

2.6.1. Disponibilidad:

La disponibilidad está definida como la proporción de tiempo que un sistema técnico o una maquina está operativa, en un estado de no falla. La función del mantenimiento debe proveer al menos un nivel aceptable de disponibilidad a la producción (un nivel tal que apoye adecuadamente el plan de producción). Para maximizar la contribución de mantenimiento al beneficio de la empresa, el objetivo de la gestión del mantenimiento debería ser proveer los máximos niveles económicamente viables de disponibilidad. (Da costa Burga, 2010)

“Matemáticamente la disponibilidad se definir como la relación de la suma de tiempos de producción más la suma de tiempos de mantenimiento entre la suma de tiempos de producción”. (Loja Herrera, 2017)

$$D(t) = \frac{\sum h \text{ productivas} - \sum h \text{ mantenimiento}}{\sum h \text{ productivas}} \times 100\%$$

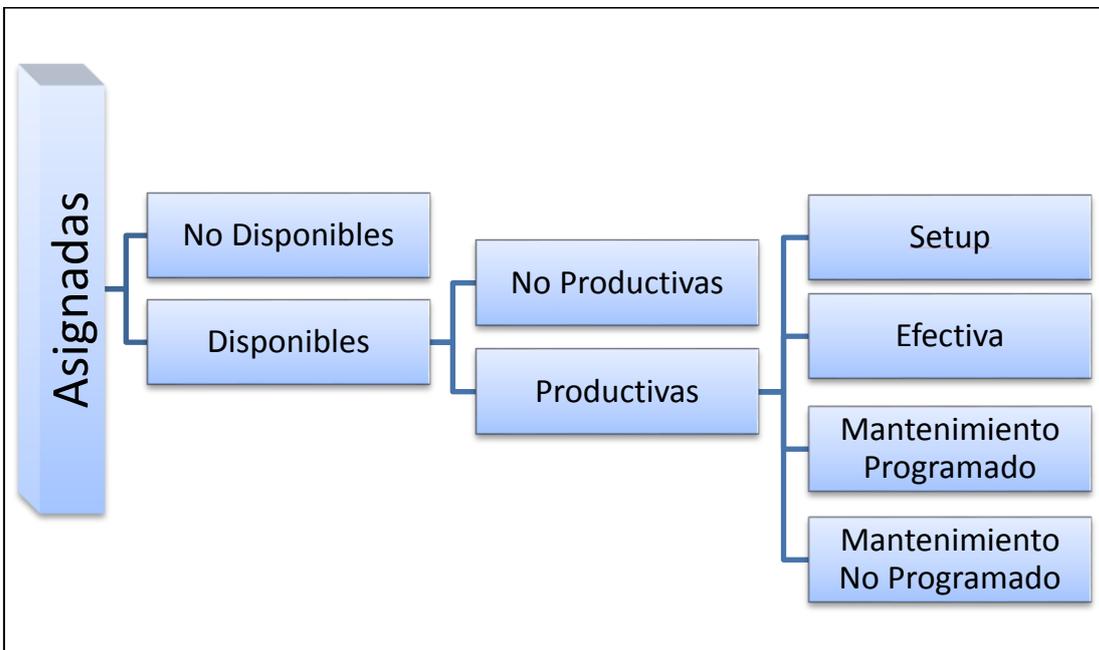
Donde:

$D(t)$ = Disponibilidad

$\sum h \text{ productivas}$ = horas setup + horas efectivas

$\sum h \text{ mantenimiento}$ = horas de mtto. preventivo + horas de mtto. correctivo

Figura n.º 2-5. Distribución de las horas asignadas



Fuente: Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera, GEDOP

Tabla n.º 2-2. Asignación de horas vista vertical

HORAS ASIGNADAS (horas calendario)				
HORAS DISPONIBLES				HORAS NO DISP.
HORAS PRODUCTIVAS				HORAS NO PROD. (falta de programación)
H. SETUP (regulación inicial)	HORAS EFECTIVAS (horas disponibles para producir)	H. MTTO PROG.	H. MTTO NO PROG.	

Fuente: Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera, GEDOP

2.6.2. Confiabilidad

La confiabilidad es una medida del número de veces que un sistema técnico o una maquina experimenta problemas. Como tal provee una indicación de la continuidad del proceso de producción. Un sistema técnico o una maquina puede tener una alta disponibilidad sin ser confiable. Mientras una elevada disponibilidad es importante para asegurar una capacidad operativa, un bajo nivel de confiabilidad conducirá a una alta proporción de paradas molestosas, con la correspondiente perdida debido a los efectos de una parada y arranque de la planta. (Da costa Burga, 2010)

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$C(t) = \frac{\sum h \text{ productivas} - \sum h \text{ mantenimiento}}{\sum h \text{ productivas}}$$

Donde:

$C(t)$ = Confiabilidad

$\sum h \text{ mantenimiento}$ = $\sum h \text{ mantenimiento no programado}$

$\sum h \text{ productivas}$ = horas setup + horas efectivas

Figura n.º 2-6. Disponibilidad y Confiabilidad



Fuente: Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera, GEDOP

2.6.3. Operatividad

Está definida como la habilidad de un sistema técnico o una máquina para sostener una adecuada tasa de producción (limitado por el diseño). Mientras que una elevada disponibilidad y confiabilidad de los equipos son de primera importancia, esto no puede producir los resultados requeridos sin ser soportados por adecuados niveles de operatividad. (Da costa Burga, 2010)

2.7. Generaciones del mantenimiento

I. Primera generación

La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2da Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías. Es el Mantenimiento Correctivo.

II. Segunda Generación

Entre la 2da Guerra Mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el Mantenimiento Preventivo.

III. Tercera Generación

Surge a principios de los años 80. Se empieza a realizar estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es el Mantenimiento Predictivo o detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a producción en las tareas de detección de fallas. Las actividades de

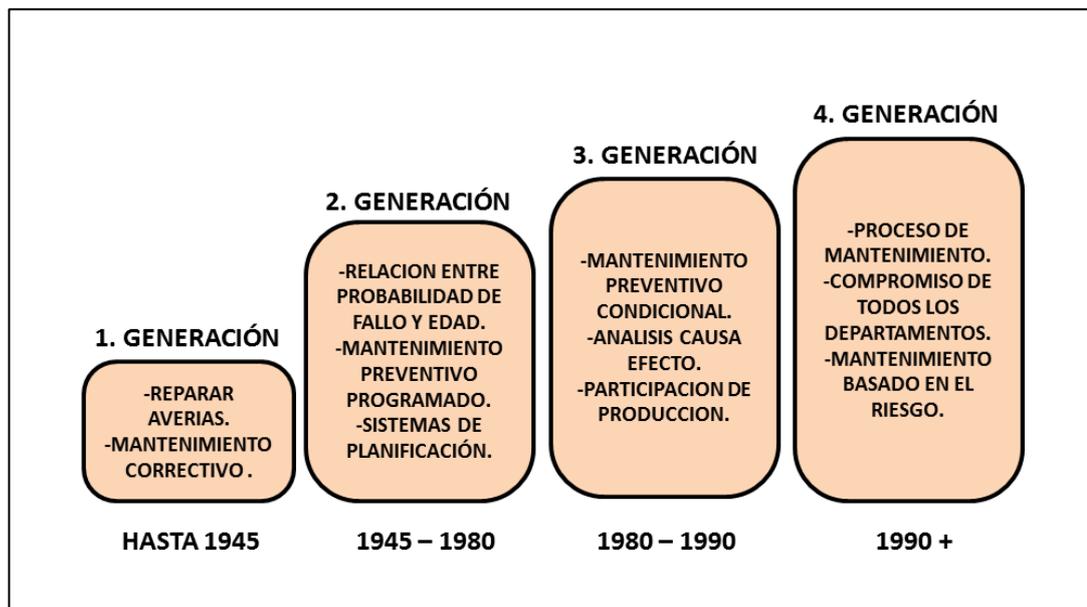
mantenimiento preventivo ya no son rutinarias, sino ajustadas a la normativa o a su utilidad, se tiene en cuenta su rentabilidad.

IV. Cuarta Generación

Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste. Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como:

- Ingeniería del Riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables).
- Análisis de Fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables).
- Mejora de la Mantenibilidad (Reducir tiempos y costes de mantenimiento).

Figura n.º 2-7. Etapas de las generaciones del mantenimiento preventivo



Fuente: Manuel Fraxanet De Simon: Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial

2.8. Estrategias de mantenimiento

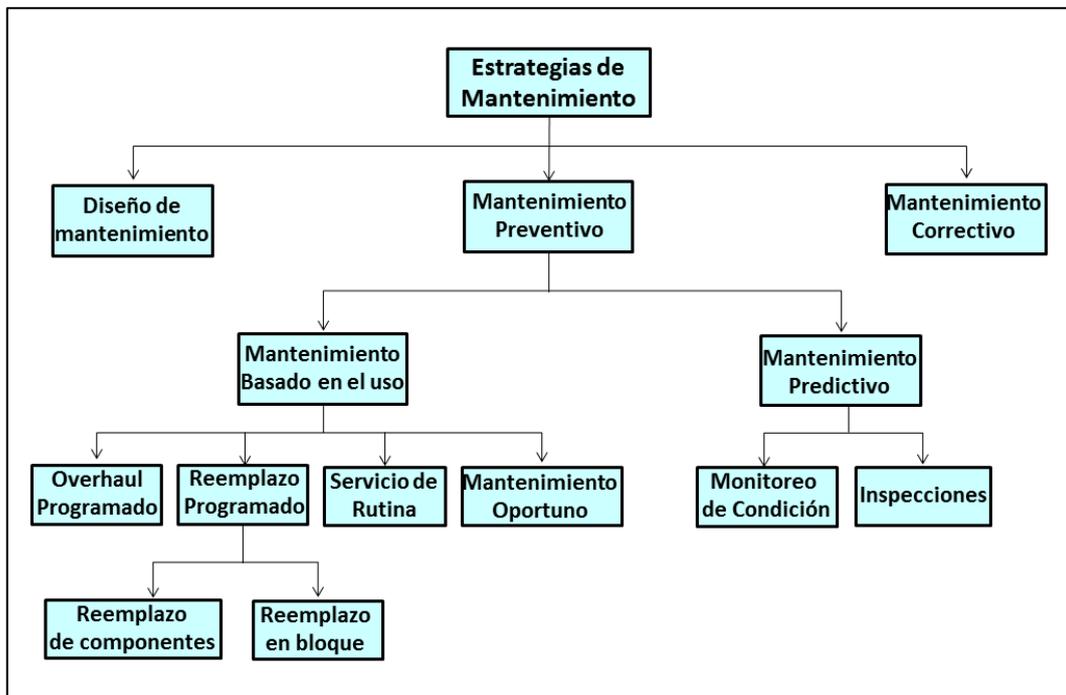
Cada vez que ocurre una falla, los efectos negativos pueden ser cualquiera, desde la pérdida en las ventas, calidad, programación hasta los altos costos y amenazas a la seguridad de las personas o al medio ambiente. Algunas veces los efectos de la falla no son evidentes

inmediatamente (como en el caso de la falla de los dispositivos de seguridad), pero después pueden ser la causa de una falla catastrófica múltiple. (TECSUP, 2009, pág. 47)

La organización tiene que tomar una decisión respecto a la prevención o no de cada modo de falla importante. Si una falla no es prevenida, se gastará dinero en repararla en una etapa posterior.

Dependiendo de la severidad de la falla en términos de pérdida de producción, el costo de la falla, la vida de las personas, o el efecto sobre el medio ambiente, la organización tiene que decidir si la prevención de la falla es desde que ocurre o si la falla puede dejarse para manejarla cuando ocurra.

Figura n.º 2-8. Estrategias de mantenimiento



Fuente: Gestión de mantenimiento, TECSUP-2009

2.8.1. Mantenimiento correctivo:

mantenimiento correctivo es aquel que sirve para corregir los problemas que se van presentando en los equipos a medida que los usuarios los van comunicando, es decir, se espera a que ocurra una falla para que el personal de mantenimiento entre en acción. (Gonzales Rodriguez, 2005, pág. 53)

Este tipo de mantenimiento es importante porque no se puede tener un sistema de gestión de mantenimiento si no contamos con un sistema de mantenimiento correctivo eficiente. Siempre va a existir el mantenimiento correctivo, ya que siempre aparecerán averías de manera imprevista, un modelo que este 100% orientado a evitar los desperfectos tendrá muchos problemas cuando las fallas aparezcan y no puedan ser solucionadas rápidamente.

La mayoría de las empresas utilizan más tiempo realizando mantenimientos correctivos que realizando mantenimientos preventivos o predictivos. En algunas empresas se puede notar que el único mantenimiento que se realiza es el mantenimiento correctivo.

2.8.2. Mantenimiento predictivo:

El mantenimiento predictivo es aquel que se realiza luego de hacer un seguimiento a algunas de las más importantes variables en los equipos. Estas variables son medidas en intervalos de tiempo definidos para poder pronosticar la falla del equipo y realizar el mantenimiento antes de que ocurra la parada no programada. Las variables más comunes a analizar son: la temperatura, la presión, la cantidad de partículas presentes en el aceite usado, el ruido, la vibración, la viscosidad del aceite, ensayos no destructivos con tintes penetrantes o por ultrasonido, etc. (Gonzales Rodriguez, 2005, pág. 55)

El mantenimiento predictivo ayuda a ahorrar energía, mejora la productividad, reduce la cantidad de los trabajos de mantenimiento y ayuda a que dichos trabajos se realicen con mayor rapidez y mayor facilidad.

Los beneficios en la prolongación de la vida útil del equipo mediante el mantenimiento predictivo también muestran una ventaja significativa debido a que reduce el período de recambio de los mismos.

2.8.3. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento también es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos, aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo. (Smith, 2005, pág. 55)

El mantenimiento preventivo genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas preprogramadas, siendo estos planes muy completos debido a que en estos se detallan todos los materiales, las herramientas y los repuestos a emplearse en dicho mantenimiento, también se tiene el detalle del personal técnico y el personal a cargo de la reparación.

El mantenimiento preventivo evita las paradas no programadas, las cuales se generan debido a que el personal está acostumbrado a hacer trabajar las máquinas por largos períodos de tiempo sin efectuar mantenimiento gracias a la velocidad que poseen al reparar las fallas bajo presión. Los trabajos a la ligera deben evitarse debido a que las zonas en las que se trabaja son muy peligrosas.

Se pueden aplicar las siguientes medidas preventivas:

Tareas de mantenimiento: Son aquellos trabajos que se pueden realizar para evitar las fallas, entre ellas tenemos las inspecciones visuales, la lubricación, la limpieza y los ajustes, las limpiezas técnicas sistemáticas, los ajustes sistemáticos, el cambio de piezas sistemático, las inspecciones con instrumentos internos y externos y por último las grandes revisiones.

Mejoras y/o modificaciones a la instalación: Los fallos se pueden reducir si aplicamos algunas mejoras, entre ellas tenemos los cambios en los materiales, los cambios en el diseño de una pieza, instalación de sistemas de detección, cambios en el diseño de una instalación, cambios en las condiciones externas al ítem.

Cambios en los procedimientos de operación: Los operarios son los que trabajan día a día con el equipo y siempre hay algo que se puede realizar para evitar las fallas, es por eso que un cambio en la manera en la que el operario realiza su trabajo puede ser muy útil. Esta medida es económica ya que principalmente debe invertirse en capacitaciones apoyadas por los supervisores para evitar que los operarios sean reacios al cambio.

Cambios en los procedimientos de mantenimiento: Algunas fallas ocurren porque el personal de mantenimiento no realiza bien su trabajo, esto puede mejorarse con la creación de un procedimiento escrito que incluya algunos datos como tolerancias, ajustes, etc.

En este sentido, también encontramos otro concepto de mantenimiento preventivo, así pues, tenemos:

“Conjunto de actividades programadas de antemano encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos”. (Muñoz Abella M. , 2003)

En la cual manifiesta dos situaciones importantes:

1. Presenta inconvenientes tales como:

- Cambios innecesarios (del propio elemento o de otros)
- Problemas iniciales de operación
- Coste de inventarios medio
- Mano de obra
- Caso de mantenimiento no efectuado

2. Requiere de planificación como:

- Definir los elementos objeto de mantenimiento
- Establecer su vida útil
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar temporalmente los trabajos

2.8.4. Ventajas:

- **Confiability:** Los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
 - Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
 - Mayor duración de los equipos e instalaciones.
 - Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto, sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
 - Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento, debido a una programación de actividades.
 - Menor costo de las reparaciones.

Debe hacerse correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones. El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios. Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

2.8.5. Desventajas:

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo producen falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan. Es el efectuado a un equipo siguiendo un criterio, con el fin de reducir las posibilidades de falla.
 - El mantenimiento preventivo trata de anticiparse a la aparición de las fallas.
 - Evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no nos avisan por algún medio. La base de información surge de fuentes internas a la organización y de fuentes externas a ella.

Las fuentes internas: están constituidas por los registros o historiales de reparaciones existentes en la empresa, los cuales nos informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en nuestro poder. Se debe tener en cuenta que los equipos existentes tanto pudieron ser adquiridos como nuevos (sin uso) como usados.

Forman parte de las mismas fuentes, los archivos de los equipos e instalaciones con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece, los archivos de inventarios de piezas y partes de repuesto (spare parts) y, por último, los archivos del personal disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.

2.9. Análisis de criticidad.

2.9.1. ¿Qué es el análisis de Criticidad?

Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y elementos de un equipo, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo. (PEMEX, 2011, pág. 6)

Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

El Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

2.9.2. Términos y conceptos utilizados en el análisis de criticidad

- Causa de falla: Circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, uso y mantenimiento que hayan conducido a una falla.
- Confiabilidad operacional: Es la capacidad de un activo (representado por sus procesos, tecnología y gente) para cumplir sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un Contexto Operacional determinado.
- Consecuencia: Resultado de un evento. Puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente. Por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los impactos en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen de la empresa.
- Consecuencia de una Falla: Se define en función a los aspectos que son de mayor importancia para el operador, como el de seguridad, el ambiental y el económico.
- Contexto Operacional: Conjunto de factores relacionados con el entorno; incluyen el tipo de operación, impacto ambiental, estándares de calidad, niveles de seguridad y existencia de redundancias.
- Defecto: Causa inmediata de una falla: desalineación, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros.
- Efecto de falla: Describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla.
- Falla: Terminación de la habilidad de un ítem para ejecutar una función requerida.
- Falla funcional: Es cuando el ítem no cumple con su función de acuerdo al parámetro que el usuario requiere.

- Jerarquización: Ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad.
- Modo de falla: Es la forma por la cual una falla es observada. Describe de forma general como ocurre y su impacto en la operación del equipo. Efecto por el cual una falla es observada en un ítem fallado. Hechos que pueden haber causado cada estado de falla.
 - Mecanismo de falla: Proceso físico, químico u otro que ha conducido un deterioro hasta llegar a la falla.
 - Prioridad: La importancia relativa de una tarea en relación con otras tareas.
 - Riesgo: Este término de naturaleza probabilística está definido como la “probabilidad de tener una pérdida”. Comúnmente se expresa en unidades monetaria.

Matemáticamente se expresa como:

$$R(t) = P(f) \times C$$

Donde:

$R(t)$ = es el riesgo en función del tiempo

$P(f)$ = es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo

C = Consecuencias

2.9.3. Descripción de la metodología de análisis de criticidad.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla

Tabla n.º 2-3. Matriz de Criticidad

CATEGORIA DE FRECUENCIA	5	M	M	A	A	A	B	
	4	M	M	A	A	A		Color Verde Criticidad baja
	3	B	M	M	A	A		M
	2	B	B	M	M	A		Color Amarillo Criticidad Media
	1	B	B	B	M	A		A
CATEGORIA DE CONSECUENCIA		1	2	3	4	5	Color Rojo Criticidad Alta	

Fuente: PEMEX, Metodología de Análisis de Criticidad

La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde:

Frecuencia = Rango de fallas en un tiempo determinado

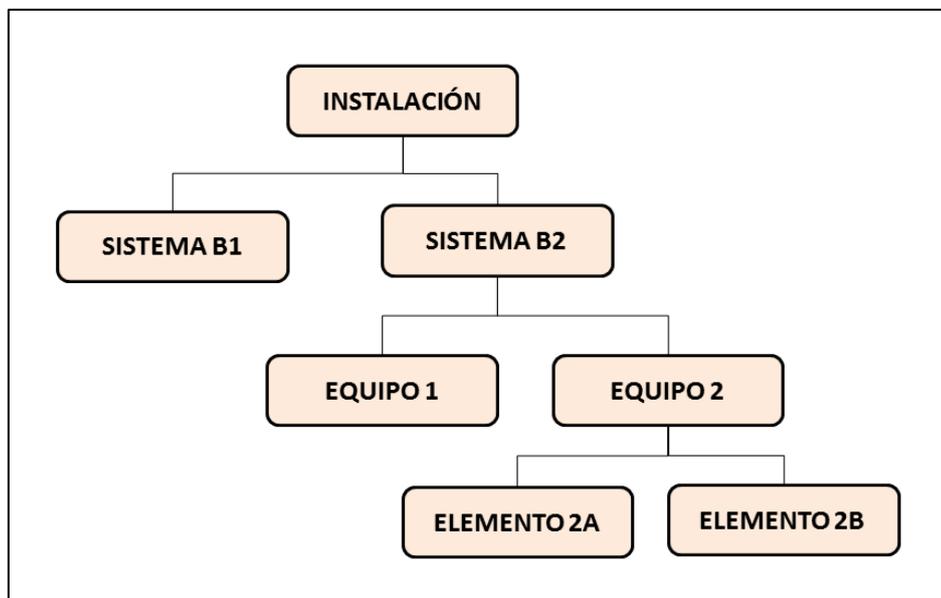
Consecuencia = ((Impacto Operacional x flexibilidad) + Costo de Mtto. + Impacto SAHI)(\$, Bs)

2.9.4. Pasos para realizar el análisis de criticidad

I. Definir el nivel de análisis:

Se deberán definir los niveles en donde se efectuará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades de jerarquización de activos.

Figura n.º 2-9. Niveles de análisis para evaluar criticidad



Fuente: PEMEX, Metodología de Análisis de Criticidad

II. Definir la criticidad:

“La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos”. (PEMEX, 2011, pág. 4)

- **Estimación de la frecuencia de la falla funcional:**

Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por día.

Tabla n.º 2-4. Criterios para estimar la frecuencia

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en días	Nº de fallas por día	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda >$	Es probable que ocurran varias fallas en un día.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 días, pero poco probable que ocurra en un 1 día.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 días, pero poco probable que ocurra en 10 días.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 días, pero poco probable que ocurra en 100 días.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 días.

Fuente: PEMEX, Metodología de Análisis de Criticidad

- **Estimación de las consecuencias o impactos de la falla:**

Se emplean los siguientes criterios y sus rangos establecidos.

Tabla n.º 2-5. Rango de estimación de impacto de la falla

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Perdida de Producción (USD)	Daños a la instalación
5	Muerte o incapacidad total permanente, enfermedad en uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total permanente, enfermedad en uno o más miembros de la comunidad	Daños irreversibles al ambiente y que infrinjan leyes ambientales.	Mayor de 50 mil	Mayor de 50 mil
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas en al menos un miembro de la comunidad	Daños irreversibles al ambiente pero que infrinjan leyes ambientales.	De 15 A 50 mil	De 15 A 50 mil
3	Daños por enfermedades severas de varias personas de la empresa, se requiere suspender labor.	Puede resultar la hospitalización de al menos tres personas.	Daños ambientales regulables sin incumplir las leyes.	De 5 A 15 mil	De 5 A 15 mil
2	El personal de la empresa requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Puede resultar en heridas que requieren tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin incumplimiento de leyes	De 500 A 5000	De 500 A 5001
1	Sin impacto en el personal de la empresa	Sin efecto en la población.	Sin daños ambientales ni incumplimiento de leyes.	Hasta 500	Hasta 501

Fuente: PEMEX, Metodología de Análisis de Criticidad

2.10. Programa maestro de producción

2.10.1. El plan de producción

“Instrumento que expresa las actividades de producción en términos monetarios o en número de unidades a producir por mes o año, a fin de entender su impacto económico en la empresa”. (Narváez Pozo, 2014)

Tiene la aprobación de gerencia y es el medio de comunicación que integra a las áreas funcionales de la empresa con las actividades de fabricación.

Del Plan de Producción se desprende el planeamiento de los materiales de fabricación y de los recursos necesarios para su ejecución.

2.10.2. El programa maestro de producción

“Es una desagregación o desglose del Plan de Producción que lleva a la programación minuciosa y detallada de compra de materias primas, materiales auxiliares, cronograma de fabricación, entrega de productos”. (Narváez Pozo, 2014)

- Usa las tasas de rendimiento unitario
- Facilita el control de inventarios
- Se expresa en unidades de producción

A partir de los pedidos y previsiones de ventas, en el plan maestro de producción se establece las cantidades de los productos requeridos para un horizonte de tiempo.

La lista de materiales (BOM: Bill Of Materials) contiene información de todos los artículos y de la composición de los productos terminados.

Teniendo el cuadro de necesidades de materiales y recursos, se determina las órdenes de compra de materiales en cantidades y fechas necesarias para cumplir con el plan maestro de producción. Para esto es necesario conocer la composición de los productos, los plazos de reaprovisionamiento y la disponibilidad de materiales para el control de inventario.

Las funciones de compras y producción alimentan información al sistema.

2.10.3. Planeación de los recursos materiales

Los sistemas MRP aparecen a comienzos de los 70 para dar nuevas respuestas a las preguntas de cuándo y cuánto pedir de los materiales que utiliza una empresa.

La publicación en 1975 del libro Material Requirements

Planning: The New Way of Life in Production and Inventory

Management, de Joseph Orlicky, recoge las bases conceptuales, tendencias y problemas de implantación y operación de estos sistemas. Esta obra, a la que el propio autor denomina informalmente «MRP de la A a la Z», contiene no solamente una exhaustiva descripción del sistema MRP, sino que anticipa posibilidades y problemas potenciales en su aplicación

2.10.4. Planificación de recursos de fabricación

A comienzos de la década de los 80 aparecen los sistemas de planificación de recursos de fabricación MRP II (Manufacturing Resources Planning II), mediante los que se pretende contrastar la disponibilidad de recursos necesarios para la ejecución de las órdenes de producción planificadas. Es por esto que en ocasiones se les denomina «MRP con capacidad finita», por contraposición a los sistemas MRP originales, considerados como «MRP con capacidad infinita».

La estructura simplificada de un sistema MRP II se presenta en la figura 2, donde puede apreciarse que la planificación de órdenes de producción incluye la planificación de necesidades de capacidad.

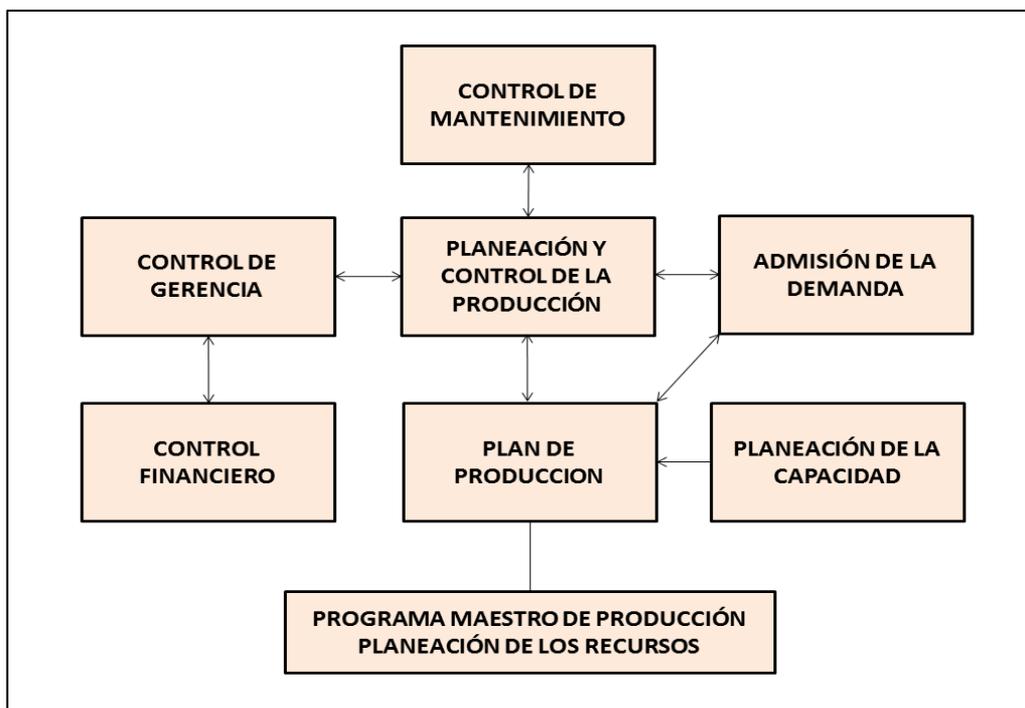
2.10.5. Sistemas integrados de gestión gerencial

Si bien durante los años 80 hubo intentos de integración de la gestión de la empresa (iniciativas como la denominada BRP: Business Resources Planning), este proceso puede considerarse característico de la década de los 90, en que termina por imponerse la denominación ERP

(Enterprise Resources Planning)

En la actualidad disponemos de varios sistemas ERP con soporte informático que facilitan el control del negocio.

Figura n.º 2-10. Enlaces del programa maestro de producción



Fuente: Ing. José Raúlín Narváez Pozo

2.11. Descripción de la máquina asignada para el proyecto

Maquina inyectora de 10000 KN de fuerza de cierre, presión de inyección de 1987 bar, capacidad de bomba de motor de 132 kW, utilizada para producir artículos de hasta 3664 g de peso de inyección.

Figura n.º 2-11. Máquina asignada para el proyecto de implementación de mantenimiento preventivo



Fuente: Página web de Krauss Maffei

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

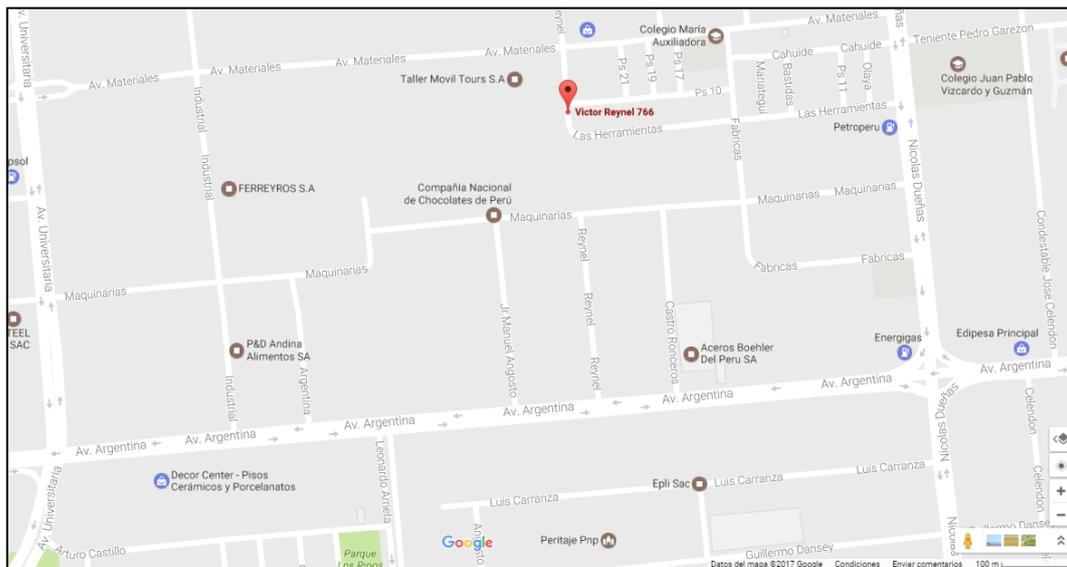
Industrias Plásticas Reunidas S.A.C. (IPR) fue constituida por escritura pública el 6 de febrero de 2002 y tiene como actividad económica principal la fabricación de productos plásticos para el hogar, la industria y desarrollo de proyectos especiales, tanto para el mercado nacional como internacional.

IPR forma parte del grupo SAMCORP, el cual cuenta con diversas empresas, dedicadas a los rubros de comercio, entretenimiento, industria, inmobiliaria, gastronomía, hotelería y de seguros, lo que hace de SAMCORP uno de los grupos económicos más importantes del país. En la actualidad contamos con más de 400 colaboradores.

Localización de la Tesis.

El proyecto de la tesis se realizó en la empresa Industrias plásticas reunidas SAC, ubicado en el Jr. Victor Reynel N° 766 – Cercado de Lima- Lima.

Figura n.º 3-1. Mapa de ubicación de Industrias Plásticas Reunidas SAC



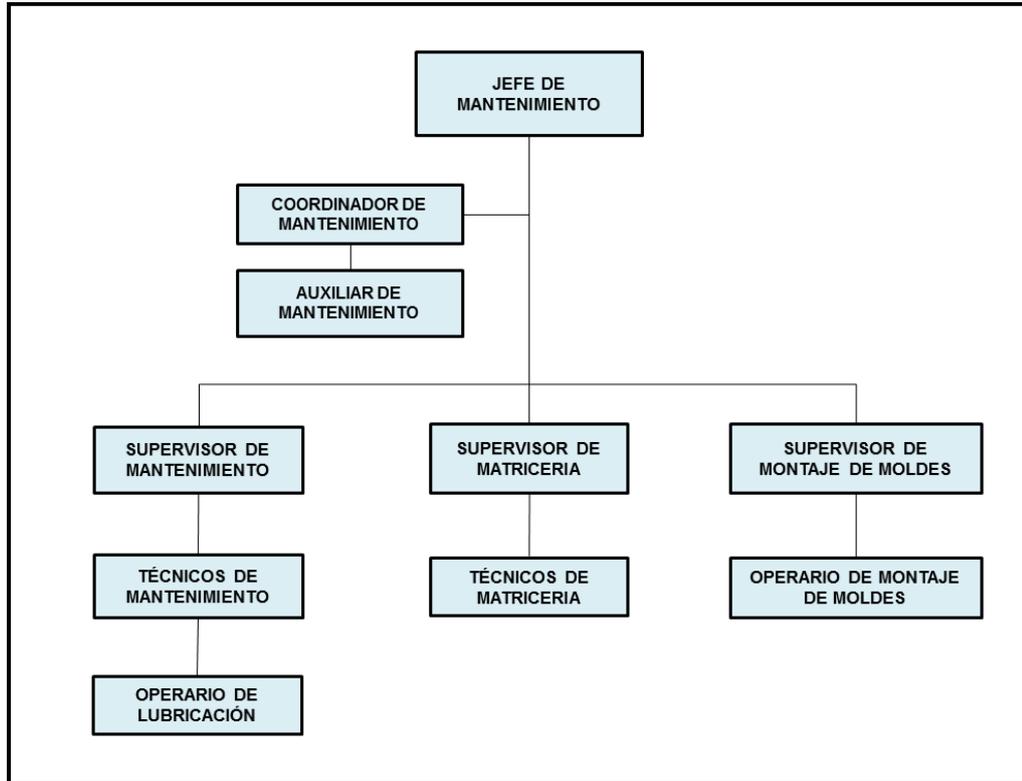
Fuente: Google Maps

3.1. Organización

El área de desempeño para la ejecución de la tesis fue el área de mantenimiento a cargo del Ing. Antonio Manrique (jefe de mantenimiento) y con 1 supervisor.

El supervisor tiene a su cargo una cantidad de técnicos para la ejecución de trabajos mecánicos y electricistas de las instalaciones de la planta. La cantidad de técnicos es en base a la cantidad de máquinas operando en la planta.

Figura n.º 3-2. Organigrama del Área de Mantenimiento

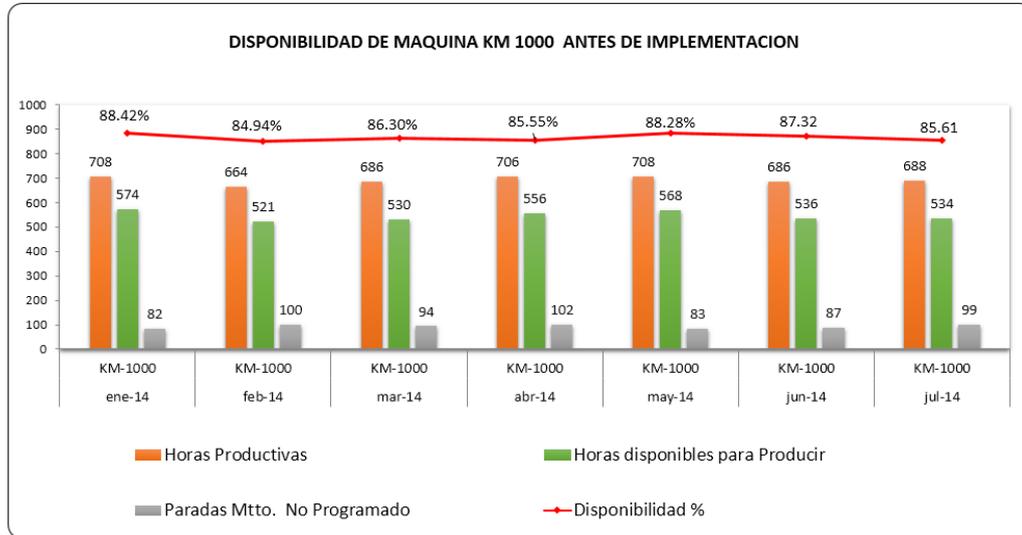


Fuente: Organigrama estructural IPR

3.2. Actividades realizadas

3.2.1. Diagnóstico de la situación actual

Figura n.º 3-3. Indicadores de máquina inyectora KM 1000 en el año 2014



Fuente: Indicadores de disponibilidad de mantenimiento, IPR

Como se aprecia en la figura, se han registrado datos correspondientes a los meses de enero y julio del 2014, donde se puede visualizar que la disponibilidad se encuentra 84% en promedio. Esto tiene explicación si comparamos la barra de horas productivas y la barra de horas disponibles para producir, se nota una alta diferencia, esto ocasionado porque las paradas acumuladas por mantenimiento correctivo también son altas, 90 horas en promedio, que trae como consecuencia que las horas disponibles para producir también se vean afectadas, al tener menos horas para que la máquina siga su producción.

Cálculo de la disponibilidad para el mes de enero – 2014

$$Disponibilidad = \frac{\sum h \text{ producción}(rg. \text{ inic.} + \text{ disp. producir})}{\sum h \text{ productivas}} \times 100\%$$

$$Disponibilidad = \frac{(52 + 574)}{(52 + 574 + 82)} \times 100 = 88,42\%$$

3.2.1. Identificación de máquinas críticas del proceso

Aplicando el siguiente método:

Tabla n.º 3-1. Formato para evaluar criticidad de las máquinas y equipos

Tipo	DATOS TECNICOS				
1	Nombre del Equipo:	KM 1000	Marca:	Krauss Maffei	
	Función que realiza:	Moldeo por inyección	Modelo:	EX-160-1000	
	Ubicación:	IPR	Nº Serie:		
	Velocidad de Tornillo:	259/278 1 / min	Obs. :		
2	PRIORIDADES PARA EVALUACION				
	Variables	Concepto	Ponderación	Observaciones	Evaluación
2.1	Impacto operacional				
	Parada total de la planta, de producción, despacho		10		
	Parada de más del 70% de la producción		7		7
	Impacta en niveles de inventario de producciones estacionales		4		
	No genera ningún efecto significativo		1		
2.2	Impacto Seguridad, Ambiente E Higiene				
	Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna		8		
	Afecta el ambiente/instalaciones		7		
	Afecta las instalaciones causando daños severos		5		5
	Provoca daños menores (ambiente-seguridad)		3		
	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambientes		1		
2.3	Frecuencia de Fallas				
	Alta; mayor a 6 fallas/año		4		4
	Medio; 3-6 fallas/año		3		
	Baja; 1-3 fallas/año		2		
2.4	Flexibilidad Operacional				
	No hay opción de producción y no hay función de repuestos		4		
	Hay opción de repuesto compartido o en almacén		2		2
	Función de repuesto disponible		1		
2.5	Costo de Mantenimiento				
	Mayor o Igual a S/. 10 000		3		3
	Inferior a S/. 10 000		1		

ESCALA DE REFERENCIA	A / Crítica	B / Medio	C / Bajo
	65 - 100	35 - 64	20 - 34

A

TOTAL

88

Fuente: Elaboración propia

Tabla n.º 3-2. Resultado de criticidad para máquinas inyectoras

IT	MÁQUINAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO DE MTTO	IMPACTO EN SAH	CONSECUENCIAS	CRITICIDAD TOTAL		
01	MAQUINA KM 1000	4	7	2	3	5	22	88	A	CA
02	MAQUINA KM 850	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
03	MAQUINA KM 650	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
04	MAQUINA NB 1300	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
05	MAQUINA MA 1400	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
06	MAQUINA HT 900	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
07	MAQUINA HT 800	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
08	MAQUINA HT 700	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
09	MAQUINA HT 450	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
10	MAQUINA HT 380	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
11	MAQUINA AR 500	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
12	MAQUINA HT 360	3	4	2	1	5	14	42	M	CM
13	MAQUINA HT 280	2	4	2	1	5	14	28	B	CB
14	MAQUINA MA 250	2	4	2	1	5	14	28	B	CB
15	MAQUINA HT 200	2	4	2	1	5	14	28	B	CB
16	MAQUINA HT 160	2	4	2	1	5	14	28	B	CB
17	MAQUINA MA 160	2	4	2	1	5	14	28	B	CB
18	MAQUINA MA 120	2	4	2	1	5	14	28	B	CB

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Identificación de las fuentes de paradas

De la base de datos de control de paradas de las máquinas inyectoras podemos extraer las paradas generadas por mantenimiento correctivo en la máquina KM 1000 del año 2014, tal como se muestra a continuación

Tabla n.º 3-3. Paradas de máquina por mantenimiento correctivo en el mes de enero del 2014

FECHA	MAQUINA	DURACION	CODIGO PARADA	DESCRIPCION CODIGO	AREA
04-ene	INY KM-1000	0.33	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
04-ene	INY KM-1000	0.58	P19	falla hidráulica maquina	Mantenimiento
05-ene	INY KM-1000	0.53	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
07-ene	INY KM-1000	0.33	P21	falla instalación agua/aire	Mantenimiento
07-ene	INY KM-1000	1.92	P19	falla hidráulica maquina	Mantenimiento
08-ene	INY KM-1000	0.17	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
09-ene	INY KM-1000	0.58	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
09-ene	INY KM-1000	0.42	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
09-ene	INY KM-1000	1.00	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
09-ene	INY KM-1000	0.55	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
10-ene	INY KM-1000	3.17	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
10-ene	INY KM-1000	0.92	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
10-ene	INY KM-1000	0.25	P21	falla instalación agua/aire	Mantenimiento
11-ene	INY KM-1000	0.42	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
11-ene	INY KM-1000	0.42	P21	falla instalación agua/aire	Mantenimiento
11-ene	INY KM-1000	0.33	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
12-ene	INY KM-1000	0.33	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
12-ene	INY KM-1000	0.25	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
13-ene	INY KM-1000	0.50	P21	falla instalación agua/aire	Mantenimiento
15-ene	INY KM-1000	0.25	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
18-ene	INY KM-1000	0.92	P21	falla instalación agua/aire	Mantenimiento
20-ene	INY KM-1000	0.58	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
21-ene	INY KM-1000	1.50	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
21-ene	INY KM-1000	0.17	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
22-ene	INY KM-1000	0.38	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
22-ene	INY KM-1000	0.28	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
22-ene	INY KM-1000	0.25	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
22-ene	INY KM-1000	0.17	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
23-ene	INY KM-1000	0.17	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
23-ene	INY KM-1000	0.33	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
25-ene	INY KM-1000	0.50	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
27-ene	INY KM-1000	0.33	P15	falla eléctrica maquina	Mantenimiento
27-ene	INY KM-1000	0.37	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
27-ene	INY KM-1000	0.42	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento
28-ene	INY KM-1000	0.17	P22	falla mecánica maquina	Mantenimiento

Fuente: Base de datos de Control de paradas de máquinas inyectoras, IPR

3.2.3. Elaboración de Fichas técnicas de máquinas inyectoras

Como parte de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo se procedió a tener un registro de las dieciocho máquinas que tiene la planta de producción. Para ello se crea la ficha técnica de máquinas inyectoras.

En este documento es muy importante debido a sirvió para registrar datos técnicos de fabricación de la máquina, así como también tener una lista de repuestos críticos para las partes mecánicas, eléctricas e hidráulicas de máquina.

Esta información tenía que estar claramente descrita y bien codificada de acuerdo a cada repuesto, debido a que forma parte importante para una próxima implementación de un cronograma de mantenimiento preventivo.

Tabla n.º 3-4. Ficha técnica para maquinas inyectoras

	FICHA TÉCNICA DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	Código:	ET-22-01
		Versión:	01
		Fecha:	24-04-14
		Página:	52 - 1

Elaborado por:	Waldo Chávez G.
Aprobado por :	Ing. Manrique
Fecha:	19-05-14

Tipo	DATOS TÉCNICOS	
1	Descripción:	Maquina Inyectora KM 1000
	Código:	0200INY0300
	Inicio de Operación:	23-11-17
	Ubicación:	IPR
	Servicio que Efectúa:	Moldeo por inyección
	Marca:	Krauss Maffei
	Tipo / Modelo:	EX-160-1000
	Nº de Serie:	
	Capacidad:	2412 cm ³ de volumen de inyección
	Potencia:	132 KW
	Procedencia:	Alemania
	Dimensiones (m):	13 x 4.5 x 4
	2	PARTES DE LOS COMPONENTES
Ítem		DESCRIPCIÓN:
		Rodamiento lineal Cod. KH 4060 /P/PP
		Manguera hidráulica: Tipo R7 de Ø 1/4" x 5.12 mt.
		Tuerca para amarre del cilindro de carga M30 x 52 mm
		Resistencia tipo banda de 275 x 82 mm ø Voltaje 250 - potencia 2800 W
		TC tipo "J" con bulbo y seguro de fijación.
		Sensor inductivo de carga. MARCA: FOTEK / MODELO:PM08-02N / TIPO: NPN / VDC: 10 - 30V
3		OBSERVACIONES:

Fuente: Mantenimiento preventivo del área de mantenimiento, IPR

3.2.5. Elaboración de actividades de mantenimiento preventivo

Teniendo debidamente implementado el cronograma, y con la finalidad que los técnicos de mantenimiento realicen una labor eficiente durante la intervención de la máquina por este motivo, se elaboró el registro de actividades de mantenimiento.

Este documento es la extracción de la ficha de mantenimiento de cada máquina, es decir un consolidado establecido, para nuestro caso por marca de máquina.

Esta ficha es muy útil porque los técnicos identifican que actividades realizar de acuerdo a la frecuencia de mantenimiento que se encuentren ya se mantenimiento mensual, bimensual, semestral, anual o bianual como es el caso para las máquinas Krauss Maffei.

3.2.6.1. Elaboración y aprobación del plan de mantenimiento preventivo

- El Coordinador General MNT planifica y elabora el Plan Anual de Mantenimiento Preventivo (F/MNT-001). Lo realiza la tercera semana de diciembre, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante (si las hubiera), frecuencia de uso, carga de trabajo y experiencia.
- Luego, en la cuarta semana de diciembre, lo presenta al jefe MNT para su revisión y aprobación. De haber observaciones, el jefe MNT notifica al Supervisor MNT para que haga los cambios requeridos.
- El Plan Anual de Mantenimiento Preventivo debe ser aprobado antes de finales de año. Una vez aprobado, el jefe MNT lo envía al Sub-gerente OPR.
- Las actividades consideradas en el Plan de Mantenimiento Preventivo pueden ser reprogramadas por diversas circunstancias (necesidades de área, necesidades de producción, coordinaciones internas, inspecciones periódicas, etc.). Los motivos de reprogramación serán considerados en el Historial de Mantenimientos realizados por máquina (F/MNT-002).

3.2.6.2. Coordinaciones y control del mantenimiento

- Los días viernes, el Coordinador General MNT envía al Analista PCP la programación mensual de las máquinas y coordinan las fechas exactas según las cargas de trabajo y necesidades de producción.
- Si se requiere de un servicio externo, se seguirá lo establecido en el POE Compra de Repuestos y Realización de Servicios de Mantenimiento para máquinas y moldes (P/LOG-003)
- El Coordinador General MNT registrará las actividades en el Historial de Mantenimiento por máquina (F/MNT-002).
- Un día antes de la realización, el Coordinador General MNT avisa al Analista PCP que van a intervenir la máquina, si no hay problemas, el Coordinador General MNT avisa al Supervisor MNT que se ejecutará el MNT preventivo, según figura en el formato Cambio de Molde (F/MNT-003) y en el Historial de Mantenimiento por máquina (F/MNT-002).
- Si hay un cambio en la programación de producción, el cual se avisa el mismo día por el Analista PCP al Coordinador General MNT, es el jefe MNT quien debe validar si la máquina puede continuar trabajando sin problemas, luego de evaluar la situación. Esto se registra y autoriza en el Registro de Reprogramación (F/MNT-004).

3.2.6.3. Realización del mantenimiento preventivo

- Todos los días, los técnicos solicitan los insumos que van a emplear en los trabajos programados mediante la Papeleta de Salida Almacén Repuestos Insumos.
- Al inicio del trabajo, el Encargado o Técnico MNT señala la máquina con un aviso de “mantenimiento preventivo” y ejecuta el servicio. Si al realizar los trabajos detecta algún

cambio de repuesto que requiere el equipo, avisa al Auxiliar MNT para que haga el pedido mediante el sistema (Infor-Visual).

- Cuando se trate de repuestos o materiales que el sistema no permita retirar, deberán completar la Papeleta de Salida de Almacén de Repuestos e Insumos, la cual es firmada por el Auxiliar MNT. Por temas de control, algunas papeletas son firmada por el jefe MNT (Ejm: uniformes, guantes, etc.)
- Cuando se trabaje con aceites, lubricantes o productos con composición química, se deberá solicitar las Hojas de Seguridad de dichos materiales y tomar las medidas de precaución señaladas.
- Terminado los trabajos de mantenimiento preventivo, el Encargado o Técnico MNT hace la entrega de máquina al Supervisor/Asistente PRD y registra la conformidad en el Historial de Mantenimiento por máquina (F/MNT-002).

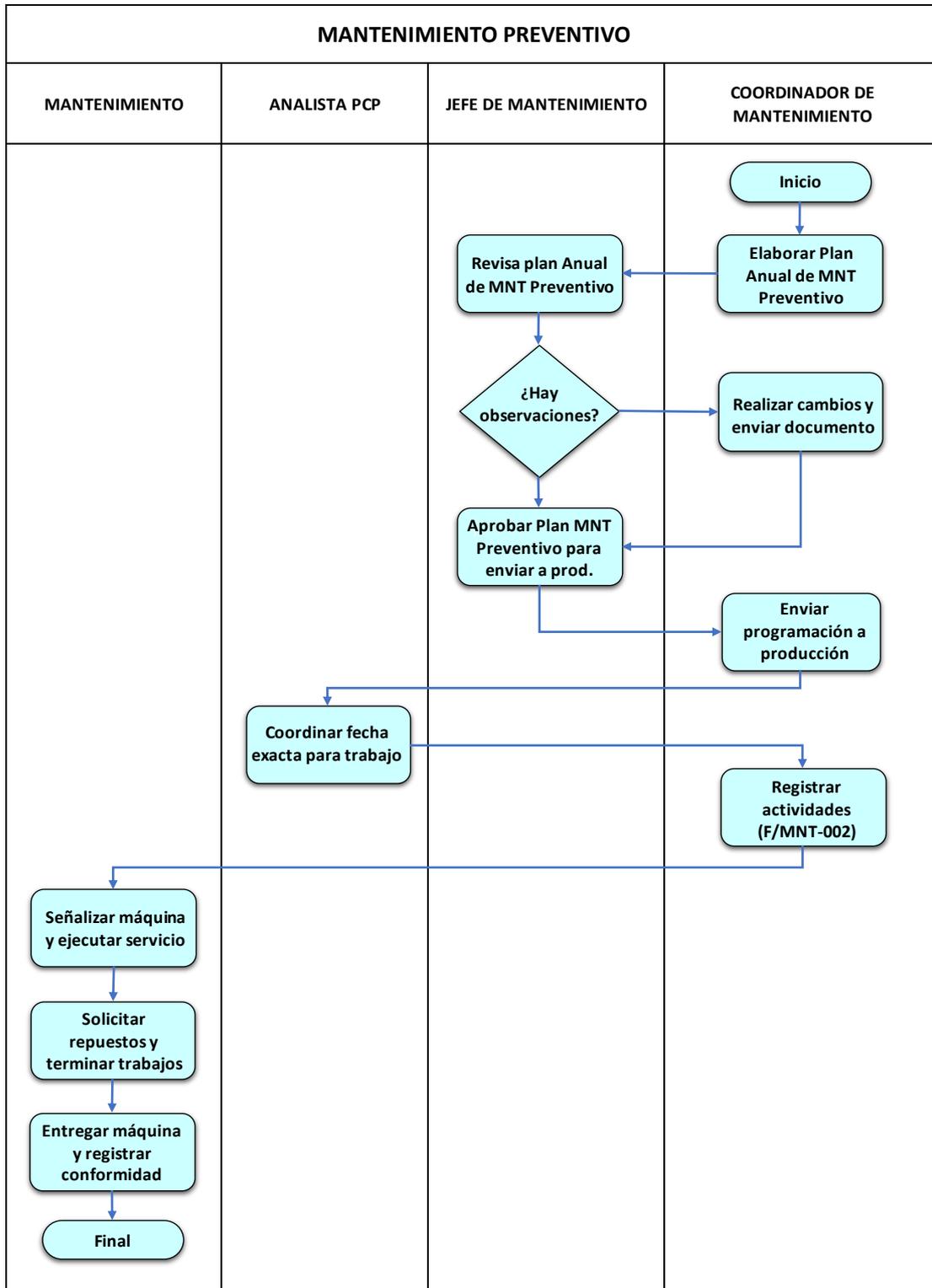
3.2.7. Clasificación de los periodos del mantenimiento preventivo

El periodo de mantenimiento preventivo en IPR se clasifica de dos formas; la primera es considerando de tiempo de uso y/o antigüedad de las máquinas, y la segunda de acuerdo a lo establecido por el fabricante de la máquina, tal como se describe en su manual, de los cuales se tenemos los siguientes periodos con los trabajos a realizar:

- a) Mantenimiento Preventivo de periodo semanal:
 - Engrase central
 - Engranaje CMG; comprobar el nivel de aceite y la estanqueidad
- b) Mantenimiento Preventivo de periodo mensual:
 - Alineación de la máquina
 - Limpiar filtro de aspiración (Succión de bombas hidráulicas)
 - Limpiar el filtro de agua
 - Engranaje CMG; limpiar el tornillo de escape
 - Lubricar las guías del pistón de inyección
 - Lubricar el apoyo del cilindro del husillo
 - Lubricar las guías de perfil
 - Armario de distribución; Limpiar/sustituir filtro de los ventiladores
- c) Mantenimiento Preventivo de periodo anual:
 - Filtro fino; cambiar cartucho filtrante
 - PC; cambiar la batería de compensación
 - Cambio de los rodamientos lineales del sistema de carga
- d) Mantenimiento Preventivo de periodo bianual:
 - Cambiar el aceite hidráulico
 - Limpiar el deposito del aceite hidráulico
 - Limpiar el refrigerador de aceite

- Cambio de aceite del reductor de engranajes

Figura n.º 3-6. Diagrama de Flujo de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Área de mantenimiento, IPR

3.2.8. Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Se procede con el registro del cumplimiento de las actividades de mantenimiento preventivo programado, de acuerdo a una estricta coordinación con el área de producción se cumple con lo programado, así como también se registra el porcentaje de avance mes a mes durante el año 2014.

Tabla n.º 3-5. Tabla de cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo

Duraplast		CUMPLIMIENTO DEL PLAN ANUAL DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINAS - 2014																								Versión	
																										01	
																										Fecha	
																										24-07-14	
																										Página	
																										1-1	
		AGOSTO					SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52					
0200	INY INYECCION	MA 1400	A			R					B			R						B			R				
		NB 1300		A		R						B		R							B		R				
		KM 1000			A		R						B		R												
		HT 300			A	R								B	R												
		KM 850					A			R						B				R							
		HT 800						A		R							B			R							
		HT 700							A	R								B		R							
		KM 650								A	R								B	R							
		AR 500									A				R						B			R			
		HT 450	A				R					B			R						B			R			
		HT 380		A			R						B		NR							B		R			
		HT 360			A		NR							B	R												
		HT 280				A	R								B	NR											
		MA 250						A			R						B				R						
		HT 200							A		R							B			R						
		HT 160								A	NR								B		R						
		MA 160									A	R								B	NR						
MA 120										A				R					B			NR					
CONCEPTO		AGOSTO					SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
TRABAJOS PROGRAMADOS		8					8				10					8				6							
TRABAJOS REALIZADOS		7					7				8					7				5							
PENDIENTES MES		1					1				2					1				1							
TRABAJOS PROGRAMADOS ACUMULADOS ANUAL		8					16				26					34				40							
TRABAJOS REALIZADOS ACUMULADOS ANUAL		7					14				22					29				34							
PENDIENTES ACUMULADO		1					2				4					5				6							
% CUMPLIMIENTO MENSUAL		88%					88%				80%					88%				83%							
% CUMPLIMIENTO ACUMULADO ANUAL		88%					88%				85%					85%				85%							

Fuente: Área de mantenimiento, IPR

3.2.9. Ratio de pérdida económica por de dejar de producir en una hora

Para determinar ratio económica de perdida, se tiene que considerar seis puntos fundamentales, los cuales son:

1. Horas de trabajo de la maquina en un periodo determinado.
2. Consumo energético de la máquina.
3. Depreciación de máquina de acuerdo a contabilidad 10 años.
4. Mano de obra directa
5. Mano de obra indirecta
6. Otros gastos indirectos de fabricación

Estos datos son en base a la información del primer trimestre del 2014.

Figura n.º 3-7. Ratio de tener una hora la máquina parada

Código Centro	MOD	MOI	Energia	Otros Gastos	Deprecia cion	Total CIF	Costo Total
HT-160	8.13	34.36	20.24	27.74	3.98	86.33	S/. 94
HT-200	8.74	34.55	26.23	28.65	4.87	94.31	S/. 103
HT-280	17.45	34.95	15.99	29.35	6.82	87.12	S/. 105
HT-360	8.37	34.78	12.10	28.88	8.18	83.94	S/. 92
HT-380	10.28	34.69	20.93	28.70	8.50	92.83	S/. 103
HT-450	10.18	34.77	14.98	29.32	10.31	89.39	S/. 100
HT-700	13.04	34.76	17.99	29.22	18.50	100.47	S/. 114
HT-800	12.54	34.81	19.77	29.23	22.61	106.42	S/. 119
HT-900	9.85	34.79	14.96	29.39	22.10	101.24	S/. 111
KM-1000	17.20	34.92	26.80	29.70	79.68	171.09	S/. 188
KM-650	9.75	34.95	22.46	30.05	64.78	152.24	S/. 162
KM-850	17.11	34.42	24.02	27.87	72.31	158.61	S/. 176
MA-120	7.91	34.61	18.47	28.63	5.78	87.49	S/. 95
MA-1400	8.45	34.76	19.15	29.36	55.51	138.79	S/. 147
MA-160	7.46	34.34	12.13	28.69	5.67	80.83	S/. 88
MA-250	8.87	34.55	9.73	28.26	8.17	80.72	S/. 90
AR-500	11.94	34.66	11.13	28.99	52.06	126.84	S/. 139
NB-1300	11.76	35.03	17.80	29.60	84.67	167.10	S/. 179

Fuente: Área de producción, IPR

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Elaboración de tabla de criticidad

Mediante la elaboración de esta matriz se logró identificar las máquinas de alta criticidad para la planta de producción, entre ellas la máquina KM 1000 que es nuestro caso de estudio, por ser entre las dieciocho máquinas inyectoras la más crítica.

Tabla n.º 4-1. Matriz de criticidad

ID	MÁQUINAS	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO DE MTTO	IMPACTO EN SAH	CONSECUENCIAS	CRITICIDAD TOTAL		
01	MAQUINA KM 1000	4	7	2	3	5	22	88	A	CA
02	MAQUINA KM 850	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
03	MAQUINA KM 650	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
04	MAQUINA NB 1300	4	7	2	2	5	21	84	A	CA
05	MAQUINA MA 1400	4	7	2	2	5	21	84	A	CA

Fuente: Elaboración propia

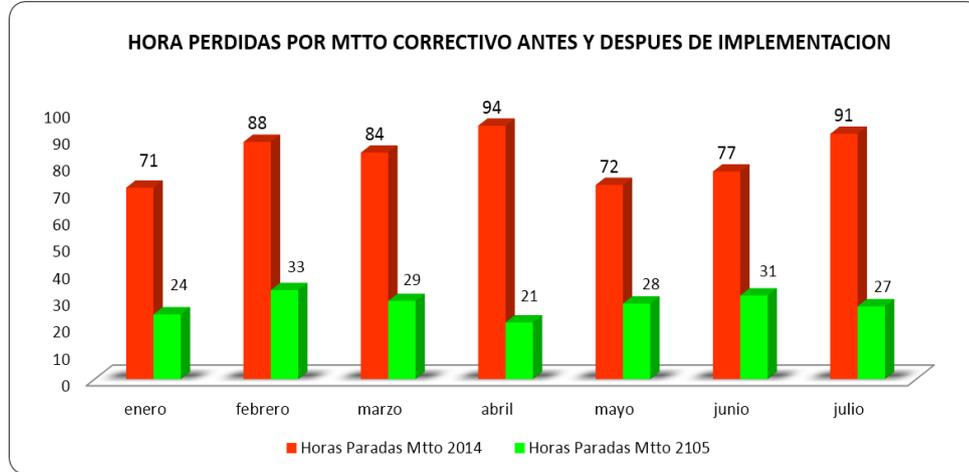
4.2. Reporte de paradas correctivas después de la implementación

Antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se realizaba el registro de paradas de máquinas en nuestra base de datos, pero no se le daba mayor importancia a tal información.

Este registro fue fundamental y valioso para la toma de decisión de la implementación del sistema de mantenimiento preventivo, debido a que se pudo identificar la causa de nuestras paradas recurrentes e inesperadas.

Del mismo modo se puede notar el porcentaje de la disminución, en promedio 61%, en cuanto a las paradas no programadas por avería de máquina se refiere, para el año 2014 vs el año 2015.

Tabla n.º 4-2. Indicador comparativo de paradas recurrentes antes y después de la implementación



Fuente: Área de mantenimiento, IPR

4.3. Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Como uno de los objetivos era la creación de un plan de mantenimiento preventivo, se creó el cronograma anual de mantenimiento preventivo de máquinas inyectoras para el 2014.

Esta programación también fue compartida con el área de producción, debido a que es esta área la que nos facilitara la máquina para el cumplimiento de esta programación y del control de avance del mismo durante el año.

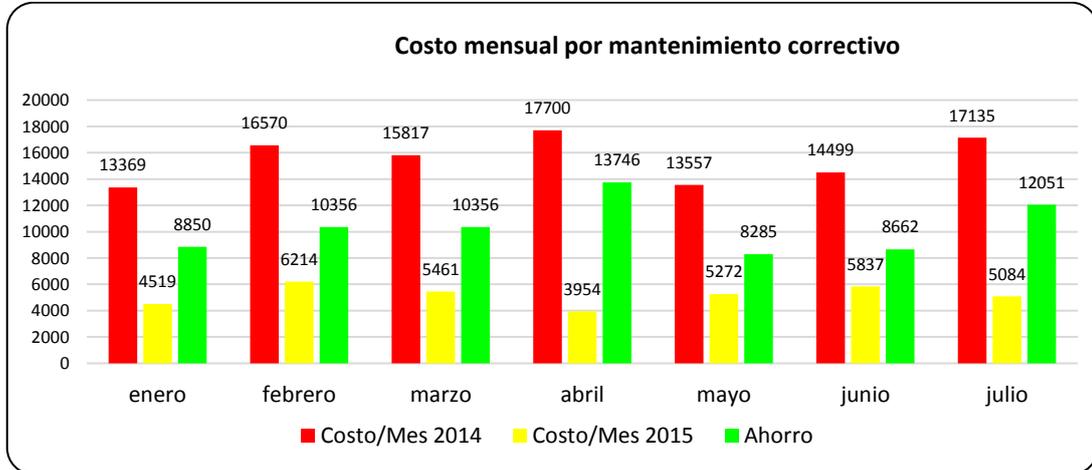
Tabla n.º 4-3. Indicador de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

CONCEPTO	2014				
	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
TRABAJOS PROGRAMADOS	8	8	10	8	6
TRABAJOS REALIZADOS	7	7	8	7	5
PENDIENTES MES	1	1	2	1	1
TRABAJOS PROGRAMADOS ACUMULADOS ANUAL	8	16	26	34	40
TRABAJOS REALIZADOS ACUMULADOS ANUAL	7	14	22	29	34
PENDIENTES ACUMULADO	1	2	4	5	6
% CUMPLIMIENTO MENSUAL	88%	88%	80%	88%	83%
% CUMPLIMIENTO ACUMULADO ANUAL	88%	88%	85%	85%	85%

Fuente: Área de mantenimiento, IPR

4.4. Evaluación del rateo económico después de la implementación

Figura n.º 4-1. Comparativo de Impacto económico por mantenimiento correctivo

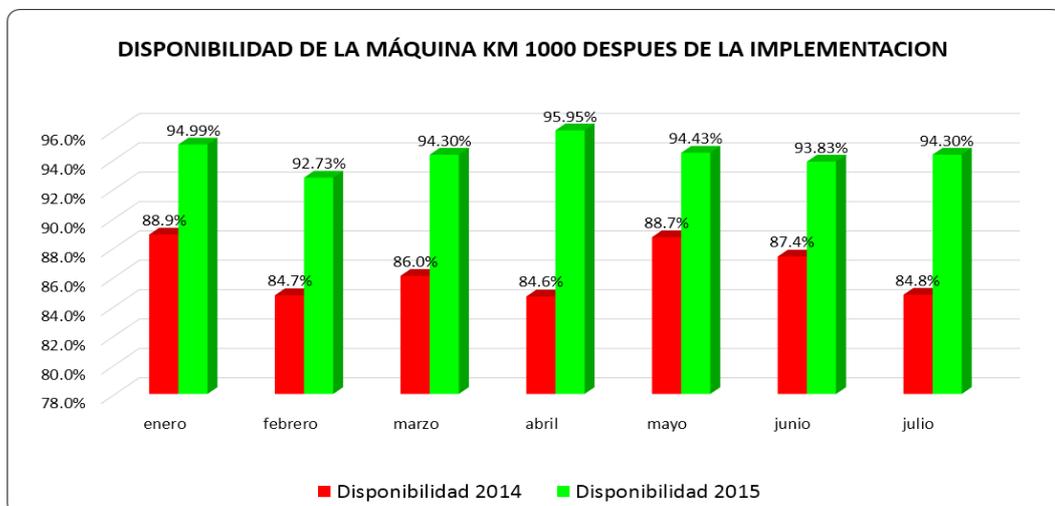


Fuente: Área de producción, IPR

4.5. Evaluación de la disponibilidad después de la implementación del mantenimiento preventivo

El cumplimiento del cronograma programado de mantenimiento preventivo trajo como consecuencia el incremento de la disponibilidad de la máquina inyectora KM 1000, se puede notar como las paradas por avería de máquina disminuye mes a mes conforme se cumple con lo mencionado, y esto lleva a tener la máquina mayor tiempo disponible para producir, es decir la disponibilidad ha tenido un incremento mayor al 9% comparando el año 2014 vs. el año 2015

Tabla n.º 4-4. Comparativo de disponibilidad 2014 vs 2015



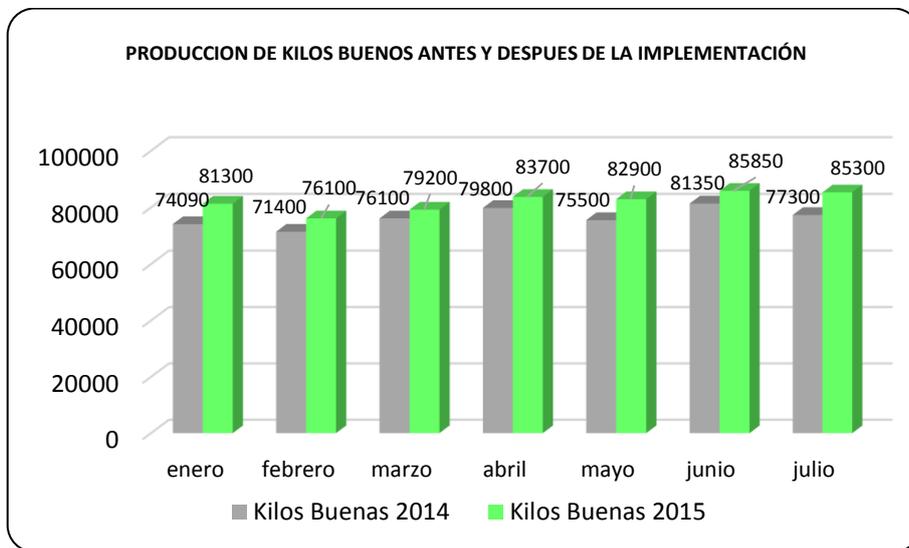
Fuente: Área de mantenimiento, IPR

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

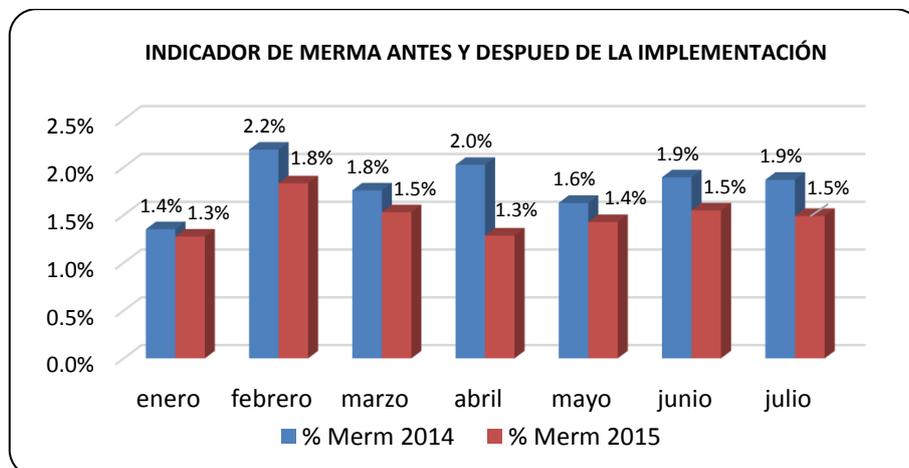
5.1. Análisis del nivel de volumen de producción

De acuerdo a los indicadores de volúmenes de producción mensual, para la segunda mitad del año 2014 y en adelante, los kilos de plástico inyectado se han incrementado de forma notoria de 6,9 %, esto significa un gran aporte a los objetivos de la empresa, por parte del área de mantenimiento.

Tabla n.º 5-1. Indicador de volumen de producción después de la implementación



Fuente: Área de mantenimiento, IPR



Fuente: Área de mantenimiento, IPR

5.2. Análisis de fallas con impacto en la implementación

De acuerdo al reporte de fallas de máquinas, podemos notar la recurrencia de estas por falta de mantenimiento preventivo a las máquinas inyectoras, incluyendo a la máquina KM 1000.

Figura n.º 5-1. Reporte de fallas recurrentes antes de la implementación

FECH	MAQUINA	MOLDE	Nº	DURACION	CODIGO F.	DESCRIPCION CODIGO	DESCRIPCION DEL SUB CODIGO
02-ene	2 INY KM-1000	Sanson 75-Cuerpo	25	0.42	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
03-ene	2 INY KM-1000	Sanson 75-Cuerpo	20	0.33	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
04-ene	2 INY KM-1000	Caja Cosechera Caña Alta CALADA	15	0.25	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
06-ene	2 INY KM-1000	Buzon C/Pedal 20-Tapa	3	50	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
06-ene	3 INY KM-1000	Buzon C/Pedal 20-Tapa	1	25	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
10-ene	2 INY KM-1000	Buzon Clasico 80-Cuerpo	25	0.42	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos
14-ene	3 INY KM-1000	Durabanco Ultra	30	0.50	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
15-ene	2 INY KM-1000	Durabanco Ultra	8	50	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
16-ene	2 INY KM-1000	Tobogan-Resbaladera	10	0.17	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos
18-ene	2 INY KM-1000	Escurreidor de Platos Chico-Cuerpo	33	0.55	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
19-ene	1 INY KM-1000	Caja Industrial 30	45	0.75	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos
21-ene	3 INY KM-1000	Portavajilla Gigante-Tapa	25	0.42	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
21-ene	3 INY KM-1000	Portavajilla Gigante-Tapa	1	10	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
24-ene	2 INY KM-1000	Buzon Clasico 20-Cuerpo	10	0.17	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Fuga de Aceite, Falla Intercambiador
26-ene	3 INY KM-1000	Caja Organizadora Dlux 80-Cuerpo C/Rued	15	0.25	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
29-ene	2 INY KM-1000	Duramesa-Antideslizante	48	0.80	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
01-feb	2 INY KM-1000	Duramesa-Antideslizante	5	0.08	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
03-feb	2 INY KM-1000	Duramesa-Antideslizante	4	39	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
03-feb	3 INY KM-1000	Duramesa-Antideslizante	20	0.33	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura
04-feb	2 INY KM-1000	Caja Organizadora Dlux 80-Cuerpo C/Rued	30	0.50	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos
05-feb	2 INY KM-1000	Silla Italiana	6	6.00	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos
07-feb	2 INY KM-1000	Silla Italiana	30	0.50	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos
07-feb	2 INY KM-1000	Caja Organizadora 50-Tapa	17	0.28	C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Falla de Lubricación Revisión de Noyos

Fuente: Base de datos de Control de paradas de máquinas inyectoras, IPR

5.3. Clasificación de fallas antes de la implementación

Del reporte de paradas de fallas, podemos describir los problemas con mayor impacto en cuanto a horas de máquina parada se presenta y cantidad de kilos que se deja de producir.

Tabla n.º 5-2. Clasificación de fallas en máquina KM 1000 antes de implementación

CODIGO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN	HORAS	KILOS PERDIDOS	% DE KILOS PERDIDOS
C20104	Falla Mecánica de la Maquina	Falla de Prensa, Guía Expulsora	18.00	1301.70	3%
		Falla de Puerta/ Motor	5.00	362.97	1%
		Falla de Zapatas (paralelas)	0.00		
		Cambio de Pernos de Máquina, Cambio Cabezal	0.00		
		Falla de Boquilla, Falla de Usillo	35.00	2532.48	6%
C20105	Falla eléctrica / Electrónico de la Maquina	Falla de Variador Y/O Programación	3.00	216.95	1%
		Cambio de Resistencia alineación de unidad	89.00	6433.41	15%
		Falla de Microswitch/ Transductor	4.00	287.88	1%
		Falla de Sensor (Ventilador Eléctrico)	0.00		
		Falla de Expulsor/Calefacción de molde	12.00	867.80	2%
		Falla de Fusibles (Rele)	12.00	867.80	2%
C20106	Falla Hidráulica de Maquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura	148.00	10701.50	26%
		Falla de Lubricación Revisión de Noyos	56.00	4,051.13	10%
		Fuga de Aceite, Falla Intercambiador	176.00	12,724.98	31%
		Falla de Expulsor Hidráulico y Cores, Bomba Hidráulica	15.00	1,084.75	3%
		Falla de Pistón Hidráulico, Válvula Hidráulica	4.00	287.88	1%

Fuente: Elaboración propia

5.4. Clasificación de fallas después de la implementación de mantenimiento preventivo

El cumplimiento y ejecución del plan de mantenimiento preventivo ha contribuido con la reducción de fallas recurrentes no programadas, a la vez que la máquina ha tenido mayor disponibilidad y mayores kilos de plástico para producir.

Tabla n.º 5-3. Descripción de fallas en máquina KM 1000 después de la implementación

CODIGO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN	HORAS	KILOS PERDIDOS	% DE KILOS PERDIDOS
C20104	Falla Mecánica de la Máquina	Falla de Prensa, Guía Expulsora	7.00	535.43	4%
		Falla de Puerta/ Motor	0.00		
		Falla de Zapatas (paralelas)	9.00	687.35	5%
		Cambio de Pernos de Máquina, Cambio Cabezal	3.00	228.63	2%
		Falla de Boquilla, Falla de Usillo	9.00	687.35	5%
C20105	Falla eléctrica / Electrónico de la Máquina	Falla de Variador Y/O Programación	0.00		
		Cambio de Resistencia alineación de unidad	29.00	2216.93	18%
		Falla de Microswitch/ Transductor	4.00	305.33	2%
		Falla de Sensor (Ventilador Eléctrico)	7.00	535.43	4%
		Falla de Expulsor/Calefacción de molde	1.00	76.70	1%
		Falla de Fusibles (Rele)	4.00	305.33	2%
C20106	Falla Hidráulica de Máquina	Limpieza de Filtros, Falla Temperatura	37.00	2827.58	22%
		Falla de Lubricación Revisión de Noyos	21.00	1604.80	13%
		Fuga de Aceite, Falla Intercambiador	54.00	4127.05	33%
		Falla de Expulsor Hidráulico y Cores, Bomba hidráulica	5.00	382.03	3%
		Falla de pistón Hidráulico, Válvula hidráulica	3.00	228.63	2%

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se logró reducir las paradas recurrentes e inesperadas que generaban pérdida de producción en 66,5 % comparado entre el año 2014 vs. el año 2015, en la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC.
- Se realizó un adecuado diagnóstico de la situación de disponibilidad de planta de inyección en el año 2014, que estaba en 86 % y la identificación de la máquina con mayor criticidad para nuestro caso de estudio.
- De nuestra base de datos de paradas de máquinas, se identificaron las fuentes de paradas con mayor recurrencia, entre los meses de enero a julio 2014, tales paradas como cambio de resistencia de unidad de inyección con 89 horas, Limpieza de filtros con 148 horas y falla de intercambiador con 176 horas, dando como resultado un alto número de paradas por falta de mantenimiento de las máquinas inyectoras. Logrando reducir estas paradas a 29, 37 y 54 horas respectivamente para las fallas mencionadas.
- Se realizó la creación de fichas técnicas de las máquinas inyectoras, generándose así una identificación tanto de las máquinas como también tener registro de los códigos de los repuestos que serán reemplazados de acuerdo a la programación de mantenimiento preventivo.
- Teniendo identificados las fuentes de paradas, las fichas técnicas con sus detalles, se realiza la elaboración del plan de mantenimiento preventivo, conjuntamente con la ficha de trabajos a realizar en las máquinas durante la ejecución del mantenimiento.
- Aplicando el plan de mantenimiento preventivo se logró aumentar la disponibilidad en el año 2015 a 94,4 %, a la vez que la merma de 1,8 % en el 2014 se ha reducido en 1,5 % en el año 2015, así como también el volumen de kilos producidos se ha incrementado en el 2015 en 6,9 %, en comparación al año 2014.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa Industrias Plásticas Reunidas SAC a continuar desarrollando el plan de mantenimiento preventivo en la planta de inyección, debido al aporte que ha tenido este proyecto para aumentar la disponibilidad de las máquinas inyectoras y esto a su vez proporciona un incremento en el nivel de kilos producidos contribuyendo con el cumplimiento del plan de producción, enfocados en los objetivos de la empresa.
- Se recomienda sea política de Industrias Plásticas Reunidas SAC el cumplimiento y ejecución del plan de mantenimiento preventivo, para asegurar el óptimo funcionamiento de las máquinas inyectoras y tener la mayor disponibilidad de las mismas.
- Como proyecto de mejora continua, se recomienda para una segunda etapa, la implementación de un plan de mantenimiento predictivo, basado en el estudio realizado en este trabajo.

REFERENCIAS

- Banco Wiese Sudameris. (2004). La industria de plasticos en el Perú. *Reporte Sectorial*, 2-9.
- Da costa Burga, M. (2010). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a Motores a gas de dos tiempos en Pozos de alta producción*. Lima: http://tesis.pucp.edu/repositorio/bitstream/handle/123456789/DA_COSTA_BURGA_MART%C3%8DN_MANTENIMIENTO_MOTORES_GAS.PDF?SEQUENCE=1.
- EHOW. (10 de 2011). www.ehow.com.
- García Garrido, S. (2014). *Elaboración de Planes de mantenimiento*. <http://www.santiagogarciagarrido.com/index.php/actividades-de-idi/planes-de-mantenimiento>.
- Gonzales Rodriguez, F. (2005). *Teoría y Práctica de Mantenimiento Industrial Avanzado*. Madrid.
- Loja Herrera, P. M. (2017). *Gestión Estratégica de Operaciones*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- Muñoz Abella, M. (2003). *Mantenimiento industrial*. Leganés.
- Muñoz Abella, M. (2003). *Tecnología de Máquinas*. Leganés.
- Narváz Pozo, J. R. (2014). *Gestión Táctica de Operaciones*. Lima: Universidad Privada del Norte.
- PEMEX. (2011). *Metodología de Análisis de criticidad*. Pemex: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf.
- Pesántes Huerta, A. E. (2007). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y preventivo en función de la Criticidad de los Equipos del proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón*. Guayaquil.
- Smith, A. (2005). *Desarrollo de Buenas Prácticas para un Mantenimiento Preventivo Eficaz*. Glenn.
- TECSUP. (2009). *Gestión de Mantenimiento*. Lima.
- Zapata Torres, C. (2009). *Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los equipos de la planta HYL*. Puerto Ordaz.

ANEXOS

Anexo n°. 1. Indicador de disponibilidad de máquina antes de la implementación

FECHA	MAQUINA	Horas calendario	Falta de programación	Horas Productivas	Regulación Inicial	Horas disponibles para Producir	Paradas Mtto. No Programado	Disponibilidad %
ene-14	KM-1000	720	12	708	52	574	82	88.42%
feb-14	KM-1000	672	8	664	43	521	100	84.94%
mar-14	KM-1000	696	10	686	62	530	94	86.30%
abr-14	KM-1000	720	14	706	48	556	102	85.55%
may-14	KM-1000	720	12	708	57	568	83	88.28%
jun-14	KM-1000	696	10	686	63	536	87	87.32%
jul-14	KM-1000	696	8	688	55	534	99	85.61%
	TOTAL	4920	74	4846	380	3819	647	86.63%

Fuente: Indicadores de disponibilidad de mantenimiento, IPR

Anexo n°. 2. Indicador de confiabilidad de la máquina antes de la implementación

FECHA	MAQUINA	Horas calendario	Falta de programación	Horas Productivas	Regulación Inicial	Horas disponibles para Producir	Paradas Mtto. No Programado	Confiabilidad %
ene-14	KM-1000	720	12	708	52	574	82	88.42%
feb-14	KM-1000	672	8	664	43	521	100	84.94%
mar-14	KM-1000	696	10	686	62	530	94	86.30%
abr-14	KM-1000	720	14	706	48	556	102	85.55%
may-14	KM-1000	720	12	708	57	568	83	88.28%
jun-14	KM-1000	696	10	686	63	536	87	87.32%
jul-14	KM-1000	696	8	688	55	534	99	85.61%
	TOTAL	4920	74	4846	380	3819	647	86.63%

Fuente: Datos de control de paradas de mantenimiento, IPR

Ejemplo: Calcular confiabilidad mes de enero del 2014

$$C(t) = \frac{\sum h \text{ productivas} - \sum h \text{ mantenimiento}}{\sum h \text{ productivas}} \times 100\%$$

$$C(t) = \frac{(52 + 574 + 82) - 82}{(52 + 574 + 82)} \times 100\%$$

$$C(t) = 88.42 \%$$

Anexo n°. 3. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, objetivos y Alcance

PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS		CÓDIGO: P/MNT-001 VERSIÓN: 1	Pág. 1/4
	AREA: MANTENIMIENTO (OPERACIONES)	CODIGO: P/MNT-001	
	NOMBRE: PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS	VERSION: 1	
		PAG.: 1/4	
ELABORADO POR ANTONIO MANRIQUE	REVISADO POR YISELLE CASTRO	VIGENCIA: 09/05/2017	
		APROBADO POR A. VALDEZ	

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos a seguir para planificar, programar, controlar y ejecutar los mantenimientos preventivos y la realización de mantenimientos correctivos en las máquinas, equipos y/o herramientas con la finalidad de que éstos tengan una alta disponibilidad.

2. ALCANCE

Operaciones (Mantenimiento – Producción)
Gestión de la Calidad
Logística (Almacén REP)

El Coordinador General MNT es responsable de elaborar el Programa de Mantenimiento y hacer las coordinaciones para que se lleven a cabo las actividades. Así como, efectuar los controles de los servicios realizados.

El Encargado o Técnicos MNT son responsables de ejecutar los servicios de mantenimiento.

El Supervisor MNT es quien asigna los trabajos y controla que éstos se ejecuten.

El Jefe MNT es responsable de aprobar el Plan de Mantenimiento y hacer cumplir este procedimiento.

3. REFERENCIAS

DEXT/GCA-001= Norma ISO 9001:2015.
D/GCA-001 = Lista de Acrónimos.
P/LOG-003 = Procedimiento de Compras de Repuestos y Realización de Servicios de Mantenimiento para máquinas y moldes.
I/PRD-001 = Instrucción de Planeamiento y Control de la Producción.
I/PRD-003 = Instrucción de Inyección.
I/MNT-005 = Ablandamiento de Agua, Análisis de Agua en Tanque, Maniobra en Subestación y Chiller.
Hojas de Seguridad (aceites, lubricantes o productos de composición química)

4. DEFINICIONES

ALTA DISPONIBILIDAD (equipos) = Se trata de que los equipos estén disponibles con una confiabilidad operativa alta.

Fuente: IPR, Área de Mantenimiento

Anexo n°. 4. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, elaboración y aprobación

PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS	CÓDIGO: P/MNT-001 VERSIÓN: 1	Pág. 2/4
--	---------------------------------	-------------

MANTENIMIENTO PREVENTIVO = Contempla aquellas actividades programadas que se deben realizar en las máquinas, equipos y/o herramientas para evitar paradas forzadas o imprevistas.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO = Contempla aquellos trabajos a realizar para corregir las fallas en las máquinas, equipos y/o herramientas cuando se presentan paradas forzadas o imprevistas.

INSUMOS = Trapos, solventes y alambres.

5. DESCRIPCIÓN

5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1.1 ELABORACIÓN Y APROBACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1.1-1 El Coordinador General MNT planifica y elabora el Plan Anual de Mantenimiento Preventivo (F/MNT-001). Lo realiza la tercera semana de diciembre, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante (si las hubiera), frecuencia de uso, carga de trabajo y experiencia.

5.1.1-2 Luego, en la cuarta semana de diciembre, lo presenta al Jefe MNT para su revisión y aprobación. De haber observaciones, el Jefe MNT notifica al Supervisor MNT para que haga los cambios requeridos.

5.1.1-3 El Plan Anual de Mantenimiento Preventivo debe ser aprobado antes de finales de año. Una vez aprobado, el Jefe MNT lo envía al Sub-gerente OPR.

5.1.1-4 Las actividades consideradas en el Plan de Mantenimiento Preventivo pueden ser reprogramadas por diversas circunstancias (necesidades de área, necesidades de producción, coordinaciones internas, inspecciones periódicas, etc.). Los motivos de reprogramación serán considerados en el Historial de Mantenimientos realizados por máquina (F/MNT-002).

5.1.2 COORDINACIONES Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO

5.1.2-1 Los días viernes, el Coordinador General MNT envía al Analista PCP la programación mensual de las máquinas y coordinan las fechas exactas según las cargas de trabajo y necesidades de producción.

5.1.2-2 Si se requiere de un servicio externo, se seguirá lo establecido en el POE Compra de Repuestos y Realización de Servicios de Mantenimiento para máquinas y moldes (P/LOG-003)

5.1.2-3 El Coordinador General MNT registrará las actividades en el Historial de Mantenimiento por máquina (F/MNT-002).

5.1.2-4 Un día antes de la realización, el Coordinador General MNT avisa al Analista PCP que van a intervenir la máquina, si no hay problemas, el Coordinador General MNT avisa al Supervisor MNT que se ejecutará el MNT preventivo, según figura en el formato Cambio de Molde (F/MNT-003) y en el Historial de Mantenimiento por máquina (F/MNT-002).

Fuente: IPR, Área de Mantenimiento

Anexo n°. 5. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo, realización

PROCEDIMIENTO DE PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS	CÓDIGO: P/MNT-001 VERSIÓN: 1	Pág. 3/4
--	---------------------------------	-------------

5.1.2-5 Si hay un cambio en la programación de producción, el cual se avisa el mismo día por el Analista PCP al Coordinador General MNT, es el Jefe MNT quien debe validar si la máquina puede continuar trabajando sin problemas, luego de evaluar la situación. Esto se registra y autoriza en el Registro de Reprogramación (F/MNT-004).

5.1.3 REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.1.3-1 Todos los días, los técnicos solicitan los insumos que van a emplear en los trabajos programados mediante la Papeleta de Salida Almacén Repuestos Insumos.

5.1.3-2 Al inicio del trabajo, el Encargado o Técnico MNT señala la máquina con un aviso de “mantenimiento preventivo” y ejecuta el servicio. Si al realizar los trabajos detecta algún cambio de repuesto que requiere el equipo, avisa al Auxiliar MNT para que haga el pedido mediante el sistema (Infor-Visual).

5.1.3-3 Cuando se trate de repuestos o materiales que el sistema no permita retirar, deberán completar la Papeleta de Salida de Almacén de Repuestos e Insumos, la cual es firmada por el Auxiliar MNT. Por temas de control, algunas papeletas son firmada por el Jefe MNT (Ejm: uniformes, guantes, etc.)

5.1.3-4 Cuando se trabaje con aceites, lubricantes o productos con composición química, se deberá solicitar las Hojas de Seguridad de dichos materiales y tomar las medidas de precaución señaladas.

5.1.3-5 Terminado los trabajos de mantenimiento preventivo, el Encargado o Técnico MNT hace la entrega de máquina al Supervisor/Asistente PRD y registra la conformidad en el Historial de Mantenimiento por máquina (F/MNT-002).

5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

5.2.1 SOLICITUD DE MANTENIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL

5.2.1-1 El Supervisor/Asistente PRD solicita la reparación de máquinas y equipos periféricos mediante la Solicitud de Reparaciones de Máquinas, Moldes y Equipos (F/MNT-005) al Auxiliar MNT (de lunes a viernes) quien lo deriva al Encargado de Montaje de Moldes o al Supervisor de Matricería.

5.2.1-2 Cuando se trate de equipos o máquinas de áreas distintas a PRD o de mantenimientos rutinarios, la solicitud se efectúa vía llamada telefónica, correo electrónico o de forma verbal.

5.2.1-3 El Supervisor MNT designa al técnico que realizará el trabajo, en base a la disponibilidad, quien señala la máquina o equipo con un letrero de “Mantenimiento Correctivo”.

5.2.2 REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

5.2.2-1 El Técnico MNT revisa la máquina o equipo afectado y solicita al Auxiliar MNT los repuestos a usar, quien se encarga de hacer el pedido de los mismos mediante el sistema (Infor-Visual).

Fuente: IPR, Área de Mantenimiento

Anexo n°. 6. Indicador de disponibilidad después de la implementación del mantenimiento preventivo

FECHA	MAQUINA	Horas calendario	Falta de programación	Horas Productivas	Regulación Inicial	Horas disponibles para Producir	Paradas Mtto. Programadas	Paradas Mtto. No Programadas	Disponibilidad %
ago-14	KM-1000	720	10	710	43	624	12	31	93.94%
sep-14	KM-1000	720	8	712	47	613	8	44	92.70%
oct-14	KM-1000	720	12	708	51	606	9	42	92.80%
nov-14	KM-1000	696	12	684	44	584	11	45	91.81%
dic-14	KM-1000	720	10	710	49	612	8	41	93.10%
ene-15	KM-1000	720	8	712	52	612	10	38	93.26%
feb-15	KM-1000	672	8	664	50	563	12	39	92.32%
mar-15	KM-1000	696	10	686	55	594	8	29	94.61%
abr-15	KM-1000	720	0	720	41	641	7	31	94.72%
may-15	KM-1000	720	0	720	47	622	10	41	92.92%
jun-15	KM-1000	696	8	688	54	594	9	31	94.19%
jul-15	KM-1000	696	10	686	43	600	10	33	93.73%
	TOTAL	8,496	96	8400	576	7265	114	445	93.34%

Fuente: Área de mantenimiento, IPR

Anexo n°. 7. Indicador de confiabilidad después de la implementación del mantenimiento preventivo

FECHA	MAQUINA	Horas calendario	Falta de programación	Horas Productivas	Regulación Inicial	Horas disponibles para Producir	Paradas Mtto. Programadas	Paradas Mtto. No Programadas	Confiabilidad %
ago-14	KM-1000	720	10	710	43	624	12	31	95.63%
sep-14	KM-1000	720	8	712	47	613	8	44	93.82%
oct-14	KM-1000	720	12	708	51	606	9	42	94.07%
nov-14	KM-1000	696	12	684	44	584	11	45	93.42%
dic-14	KM-1000	720	10	710	49	612	8	41	94.23%
ene-15	KM-1000	720	8	712	52	612	10	38	94.66%
feb-15	KM-1000	672	8	664	50	563	12	39	94.13%
mar-15	KM-1000	696	10	686	55	594	8	29	95.77%
abr-15	KM-1000	720	0	720	41	641	7	31	95.69%
may-15	KM-1000	720	0	720	47	622	10	41	94.31%
jun-15	KM-1000	696	8	688	54	594	9	31	95.49%
jul-15	KM-1000	696	10	686	43	600	10	33	95.19%
	TOTAL	8,496	96	8400	576	7265	114	445	94.70%

Fuente: Datos de control de paradas de mantenimiento, IPR

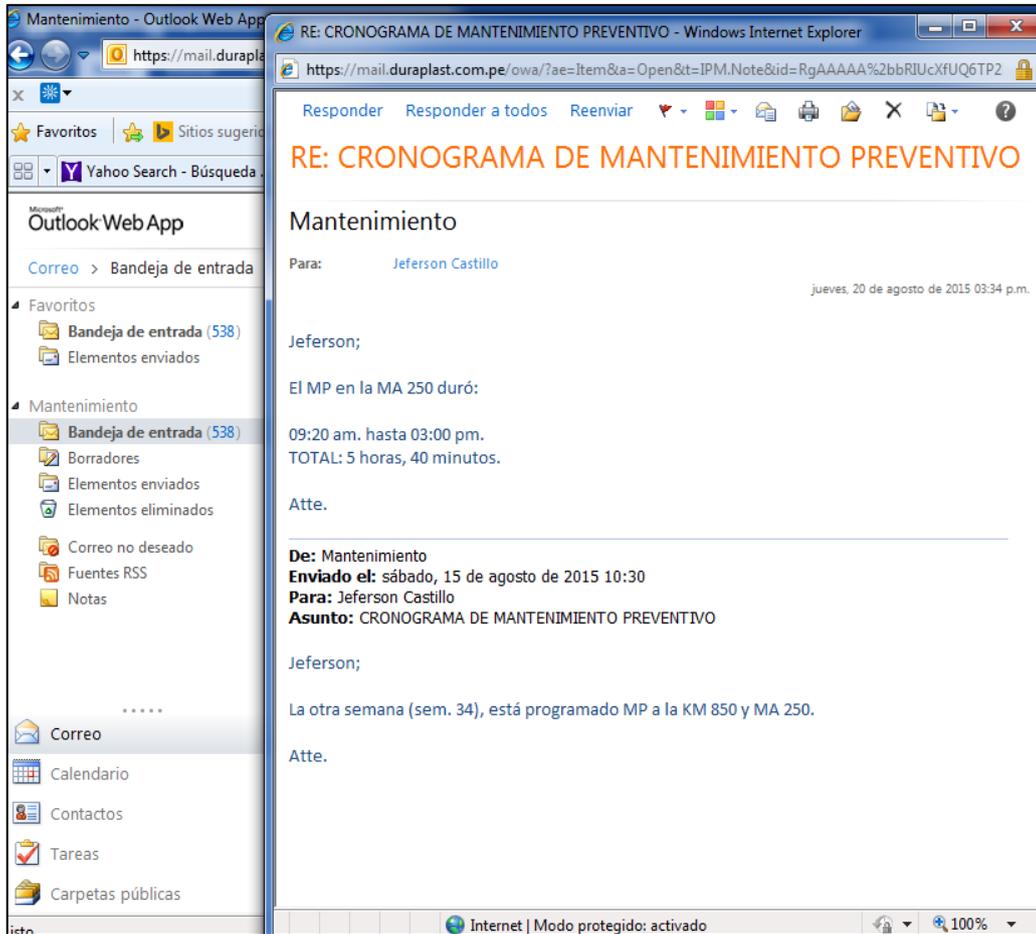
Ejemplo: Calcular confiabilidad del mes de enero del 2015

$$C(t) = \frac{\sum h \text{ productivas} - \sum h \text{ mantenimiento}}{\sum h \text{ productivas}} \times 100\%$$

$$C(t) = \frac{(52 + 612 + 10 + 38) - 38}{(52 + 612 + 10 + 38)} \times 100\%$$

$$C(t) = 94.66 \%$$

Anexo n°. 8. Solicitud de máquina para mantenimiento preventivo, vía correo electrónico



Fuente: IPR, Área de Mantenimiento

Anexo n°. 9. Formato de solicitud para solicitar intervención de máquina

		SOLICITUD DE SERVICIO	N°: _____
Fecha de solicitud: _____ Solicitante: _____ Area: _____ Máquina, molde y/o equipo: _____ Código: _____		Prioridad de Atención	
		MP <input type="checkbox"/>	MC <input type="checkbox"/>
		Urgente <input type="checkbox"/>	Reprogramable <input type="checkbox"/>
DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCION			
_____ _____			
DATOS DEL TRABAJO		PERSONA(S) QUE EJECUTA(N)	
Inicio:	FECHA __ / __ / __	Hora: _____	_____
Termino:	FECHA __ / __ / __	Hora: _____	_____

		FIREMA	
_____		_____	
V° B° SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN		V° B° SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: IPR, Área de Mantenimiento

Anexo n°. 10. Cuadro de Programación para cambios de molde y mantenimiento preventivo

FECHA DE ENVIO: Lunes 20/10/2014			PROGRAMACIÓN DE CAMBIOS DE MOLDE	
Fecha	Maquina	Turno	Molde	Observaciones
Lunes 20/10	KM-1000	1	Duramesa Tablero	
	HT-360	2	Duracómoda Mediana Cajón	
	MA-250	2	Minigavetero Cuerpo	
	KM-650	2	Caja Organizadora50 Cuerpo	
	HT-360	3	Duracómoda Mediana Cajón	
Martes 21/10	KM-1000	1	Mantenimiento Preventivo	8:00 am
	HT-700	1	Mantenimiento Preventivo	
	HT-360	1	Duracómoda Mediana Base	
	HT-280	1	Buzón Arturito 20 Corona	
	HT-200	1	Minigavetero Cajón	
	HT-800	1	Duratacho 100 Tapa	
	HT-900	2	Caja Organizadora Dlux N° 80 S/ Ruedas	
	HT-700	3	Jarra Dux 3lt Cuerpo	
Miércoles 22/10	MA-160	3	Duracómoda Mediana-Grande Rueda	
	HT-900	1	Duraforte 360 Tapa Alta	
	AR-500	1	Caja Organizadora Dlux N°15 Cuerpo	
	HT-700	3	Sansón 140 Tapa	

Fuente: IPR, Área de Producción

Anexo n°. 11. Formato de historial de fallas de máquinas inyectoras

HISTORIAL DE FALLAS EN MÁQUINAS INYECTORAS Y EQUIPOS DE PLANTA						
ITE	MAQUINA / EQUIPO	DETALLE DE LA FALLA	FECHA REPORTADA	ESTADO	FECHA EJECUTADA	COMENTARIO
107	MAQ. KM 1000	Manifold de aire de máquina con fuga, presenta ruido	08-jun-14	HECHO	01-jul-14	
108	MAQ. KM 1000	Cambiar mangueras de refrigeración del lado macho (están carcomidas o empataadas con niples). 5/8 X 01 ROLLO	12-may-14	HECHO	11-jul-14	PROD.
109	MAQ. KM 1000	Habilitar escalera para que el operario pueda subir y bajar.	12-may-14	HECHO	01-jul-14	PROD.
115	MAQ. KM 1000	Cortocircuito en el variador del tablero principal de máquina.	21-jun-14	HECHO	10-jul-14	
127	MAQ. KM 1000	Falla en el variador de velocidad.	02-ago-14	HECHO	06-ago-14	
140	MAQ. KM 1000	Rodamiento lineal de Und. De Inyeccion gastado, SE CAMBIÓ. Cod. KH 4060 /P/PP	25-sep-14	HECHO	25-sep-14	
169	MAQ. KM 1000	Maquina para por problema de obstruccion del punto de inyeccion N° 17 , y por falla en el sensor inductivo de uno de los cerrojos. Se cambia sensor.	17-nov-14	HECHO	17-nov-14	Sensor es del cerrojo operario, arriba en el centro.
178	MAQ. KM 1000	Microswitch de seguridad no realiza buen contacto se presiona la plataforma, leva se queda en una posicion y no se desplaza	17-nov-14	HECHO	17-dic-14	Microswitch ubicado puerta lado operario
186	MAQ. KM 1000	Se aflojan tuercas del piston de amarre de la placa del expulsor	18-ene-15	HECHO	18-ene-15	
214	MAQ. KM 1000	se pulsan teclas para acceder las opciones de operación de la máquina, pero no responden	19-abr-15	HECHO	20-feb-15	Se coloca pantalla de control de la KM 65(que lleve su pantalla nueva
253	MAQ. KM 1000	Falla en el variador de velocidad. Se envia a reparación	27-ago-15	HECHO	04-sep-15	
386	MAQ. KM 1000	Falla del convertidor de accionamiento de la plastificación	10-ago-16	PENDIENTE		Se esta coordinando con A. Puente A. Manrique ; coord Miércoles

Fuente: IPR, Área de Mantenimiento

Anexo n°. 12. Equipo de técnicos ejecutando el mantenimiento preventivo



Fuente: Elaboración propia

Anexo n°. 13. Hoja de control de parada, registrado al inicio y final de mantenimiento

CONTROL DE PARADAS																																		
SUPERVISOR:		FECHA: / /		TURNO: T1 T2 T3		DT		NT																										
MAQUINA:		OT:		DESCRIPCIÓN DE LA PARADA		Temp-Tmp																												
PRODUCTO	Hora Inicio de Parada	Hora Final de Parada	Tiempo (minutos)	Operador	Código Parada	Temp:	Hrs	Tmo:	Hrs																									
Color						Temp:	Hrs	Tmo:	Hrs																									
Aprobado por:						Temp:	Hrs	Tmo:	Hrs																									
Peso((kg))																																		
Ciclo(s)																																		
CONTROL DE PRODUCCIÓN																																		
Unidades por paquete: <input type="text"/>																																		
Unidades																																		
Paquetes	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	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	
SALDO:	unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades		unidades	
PRODUCCIÓN:																																		
REGISTRO DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS																																		
Unidades	Defecto		Causa		Unidades		Defecto		Causa		Unidades		Defecto		Causa		Unidades		Defecto		Causa		Unidades		Defecto		Causa		Unidades		Defecto		Causa	

Fuente: IPR, control de parada Área Producción