

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN LAC BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO EN LA CIUDAD DE LIMA

por JOANNES PAULO FUENTES RIVERA GIRON

Fecha de entrega: 19-dic-2024 12:56p.m. (UTC-0500)

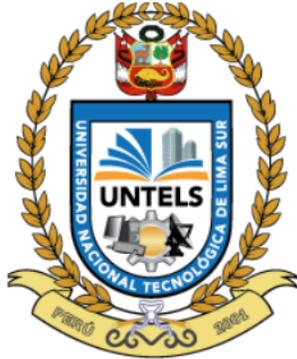
Identificador de la entrega: 2556142531

Nombre del archivo: R088A_de_73008074_TU.docx (4.89M)

Total de palabras: 15504

Total de caracteres: 86048

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**“INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN LAC
BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO EN LA
CIUDAD DE LIMA”**

TESIS O ²TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

FUENTES RIVERA GIRON, JOANNES PAULO

ORCID: 0009-0006-8895-5224

ASESOR

YARIN ACHACHAGUA, ANWAR JULIO

ORCID: 0000-0003-2369-129X

Villa El Salvador

2019

INDICE

2	INTRODUCCIÓN	1
1.	CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2.	JUSTIFICACIÓN	3
1.2.1.	Justificación técnica	3
1.2.2.	Justificación económica	3
1.2.3.	Justificación operativa.....	3
1.3.	DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	3
1.3.1.	Temporal.....	3
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4.1.	Problema General.....	3
1.4.2.	Problemas específicos	3
1.5.	OBJETIVOS	4
1.5.1.	Objetivo General	4
1.5.2.	Objetivos Específicos.....	4
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	ANTECEDENTES	5
2.2.	BASES TEÓRICAS	8
2.2.1.	Generalidades del mantenimiento.	8
2.2.2.	Evolución del mantenimiento.	9
2.2.3.	Estrategias de mantenimiento.....	11
2.2.4.	Plan de mantenimiento.	12
2.2.5.	Métodos para la prevención de fallas.....	12
2.2.6.	Mantenimiento y la producción	13

2.2.7.	Costos de mantenimiento	13
2.2.8.	Indicadores de gestión de mantenimiento.....	16
2.2.9.	Plan anual de mantenimiento.....	19
2.2.10.	Las 5's.....	20
2.2.11.	¹ El pmo (optimización del mantenimiento planificado)	23
2.2.12.	Sap pm: gestión de mantenimiento de planta	31
2.2.13.	² Definición de términos básicos.	34
3.	CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO	36
¹ 3.1.	Recopilación de datos de mantenimiento y operaciones	36
3.2.	¹ Parámetros antes de la aplicación del pmo	36
3.3.	Planes de mantenimiento línea lac	41
3.4.	Modelo de solución propuesto.....	45
3.4.1.	Pérdidas de producción 2019 hasta agosto	45
3.4.2.	Indicadores	58
3.5.	RESULTADOS	76
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	82
	ANEXO	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1: Análisis ¹ de fallos de RCM y PMO	30
Tabla 3-1. Tipos de Mantenimientos SAP PM	42
Tabla 3-2. Mantenimiento preventivo de la línea LAC	42
Tabla 3-3. Trabajos de Mantenimiento preventivo y predictivo, línea LAC	43
Tabla 3-4. Reporte de Fallas de la línea LAC	46
Tabla 3-5. Resumen de horas de parada por mes.....	58
Tabla 3-6. Resumen historial de mantenimientos, Enero a Agosto 2019, excepción mes de Marzo	60
Tabla 3-7. Resumen cantidad de horas de parada por mes	60
Tabla 3-8. Resumen cantidad de horas de parada por sistema.....	60
Tabla 3-9. Resumen cantidad de horas de parada por sistema más críticos.....	61
Tabla 3-10. Disponibilidad actual	64
Tabla 3-12. Analices del FMEA.....	65
Tabla 3-13. Planes actuales sub-sistema de soldadora.....	70
Tabla 3-14. Planes modificados e implementados sub-sistema de soldadora.....	71
Tabla 3-15. Planes actuales sub-sistema del debobinador.....	71
Tabla 3-16. Planes modificados e implementados sub-sistema del debobinador....	71
Tabla 3-17. Planes actuales sub-sistema de perfiladora, formación y calibración	72
Tabla 3-18. Planes modificados e implementados sub-sistema de perfiladora, formación y calibración.....	72
Tabla 3-19. Planes actuales sub-sistema de empaquetadora	73
Tabla 3-20. Planes modificados e implementados sub-sistema de empaquetado...	73
Tabla 3-21. Planes actuales sub-sistema zona de corte y Compresor	74
Tabla 3-22. Planes modificados e implementados sub-sistema zona de corte y compresor	75
Tabla 3-23. Gantt Fecha Prevista para Cargar el SAP PM.....	76
Tabla 3-24. Horas Actuales.....	77
Tabla 3-25. Horas Futuras.	77

Tabla 3-26. Costos Actuales	78
Tabla 3-27. Costos Futuros.....	78
Tabla 3-28. Disponibilidad Actual.....	79
Tabla 3-29. Disponibilidad Futura	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Avances del mantenimiento a nivel mundial	10
Figura 2-2. Costo de tiempo perdido.....	14
Figura 2-3. Evaluación de costos generales	15
Figura 2-4. Las 5S	22
Figura 2-5. Ciclo ¹ mantenimiento reactivo	23
Figura 2-6. Vinculación Costo-Tiempo-Beneficio del RCM y PMO.	25
Figura 2-7. Resultados del RCM y PMO, OMCS	26
Figura 2-8. Proceso de Mantenimiento no Planificado.....	33
Figura 2-9. Proceso de Mantenimiento Planificado.....	34
Figura 3-1. Organigrama del Departamento de Mantenimiento PMP Holding	37
Figura 3-2. Imagen Principal SAP PM	38
Figura 3-3. Imagen SAP PM, Ubicación línea LAC, Planta Este Nave 5	39
Figura 3-4. Sistemas y subsistemas	40
Figura 3-5. Línea LAC.....	41
Figura 3-6. Horas de Parada Mes vs Hora.....	59
Figura 3-7. Costo de mantenimiento hasta el mes de Agosto, excepción mes de Marzo	62
Figura 3-8. Análisis de disponibilidad, MTBF y MTTR	64

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Imágenes de las 5`S.

ANEXO B. Imagen programa de mantenimiento compresor

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento en plantas industriales ha adquirido un valor muy importante debido a que se busca tener una disponibilidad óptima con una disminución de la tasa de fallos, dado que los objetivos a alcanzar se debe dar considerando el costo ya que la competencia viene desarrollando aceleradamente en tecnologías para mejorar su productividad, si bien los costos operacionales, el volumen de producción, calidad de producción y seguridad deben ser controlados en la industria. Al considerar pérdida de productividad, debido a un mantenimiento no planificado, la idea de reparar inmediato promueve muchos factores que comúnmente no garantizan las actividades realizadas, es en donde comúnmente la disponibilidad de la planta decae y los costos se elevan.

Dado que para los jefes es muy importante mantener operativas las líneas de producción, obliga a que se vuelva un mantenimiento apaga incendios, para dar soporte en levantar esa avería lo más rápido contratan personal y adquieren materiales de emergencia en donde juega un papel muy importante el costo.

Por ende se planteó el desarrollo del presente proyecto donde se mejorara e implementará los planes de mantenimiento basado en la optimización del mantenimiento planeado, para aumentar la disponibilidad y reducción de costos.

1. ² CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La empresa PMP HOLDING agrupa las siguientes empresas en el Perú (Precor S.A, Emsa S.A, Contrutek Representaciones S.A, Sigral S.A, Demtac S.A, Maxo S.A, etc.), enfocado en el compromiso para desarrollar y suministrar con calidad, el completo Sistema de construcción de Acero, Drywall, construcción de módulos para campamentos mineros con un volumen a la necesidad de los clientes.

La empresa PRECOR cuenta con más de 14 líneas de producción, la modera planta tiene una capacidad instalada para producir 160 mil toneladas de planchas de acero al año, con las que se elaboran distintos productos. Se trabaja con planes de mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo y autónomo, cumpliendo con los tiempos para la ejecución. A la vez trabajamos con más de 10 proveedores que nos apoyan con los materiales y servicios.

Mantenimiento Preventivo, trabajamos con planes de mantenimiento con la tecnología SAP PM, Mantenimiento Predictivo, trabajamos con herramientas como termografía, análisis vibracional, análisis de aceite, Mantenimiento Autónomo, trabajamos con el apoyo de los operarios y técnicos en la limpieza, rellenado de aceite, engrase a las máquinas. El problema radica que como área de mantenimiento responsable de dejar optimas las líneas de producción, ya que nos evalúan mediante informes que se presenta al Gerente General, Sub Gerente, Jefes de producción respecto a indicadores de mantenimiento, donde evalúan la disponibilidad, mantenibilidad y costos en la ejecución de los mantenimientos. Es por ello que para no tener parada en las líneas por mantenimientos no programados se requiere mejorar, modificar e implementar para no involucrando minutos, horas, días y semanas en dejar operativo, es por ello la necesidad de incrementar la disponibilidad basado en el mantenimiento planeado.

2 1.2. JUSTIFICACIÓN

1.2.1. Justificación técnica

Se requiere tener un mayor control de los equipos de la línea de producción donde se realiza el levantamiento de data y actualización de planes para aumentar la disponibilidad.

1.2.2. Justificación económica

Controlar los gastos excesivos, superados al costo mensual en horas hombre por parte de producción y de mantenimiento.

1.2.3. Justificación operativa

Reducir los indicadores presentados a Jefatura, Disponibilidad, Mantenibilidad y Costos.

2 1.3. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. Temporal

Este proyecto tiene una duración de 1 mes y 20 días, con inicio el 12 de octubre y terminando el 28 de noviembre del 2019.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema General

¿Cómo aumentar la baja disponibilidad de la línea de producción LAC?

1.4.2. Problemas específicos

¿Cómo hallar la pérdida de producción que ocasionan los equipos mas críticos de la línea LAC?

¿Cómo mejorar los indicadores de mantenimiento mediante la optimización del mantenimiento planeado?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. ³Objetivo General

Identificar los puntos más críticos que afectan la productividad de la línea LAC, aumentando la disponibilidad.

1.5.2. Objetivos Específicos

Establecer un levantamiento de data de toda la línea para realizar un comparativo con los planes de mantenimiento establecidos y así modificar, mejorar y actualizar en el SAP PM.

Evaluar el riesgo de falla de los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos más críticos de los sistemas para optimizar el plan de mantenimiento preventivo y reducir los costos

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

El mantenimiento ha venido evolucionado en el transcurso del tiempo obligando a las empresas a una investigación de una gestión eficiente, pero cabe recalcar que a un persiste los mantenimientos correctivos, ya que no se atiende en todo proceso el mantenimiento planificado, en el ámbito de mejora no tiene ninguna propuesta lo cual hace el estudio autentico para la empresa.

Para llevar a cabo este estudio se requirió consultar libros, páginas web y varias tesis

Leonardo A. y Hender R. (2014), "Análisis de Modos y Efectos de Falla para Mejorar la Disponibilidad Operacional en la Línea de Producción de Gaseosas No. 3". Este Trabajo fue presentado para la obtención del título de ingeniero mecánico en la Universidad Libre de Colombia. Facultad de Ingeniería Mecánica Bogotá D.C. Se realiza un seguimiento especial que indica la necesidad de reconsiderar la manera organizada, empleando como fuente de información los datos registrados en el sistema de gestión del mantenimiento SAP y examinando detalladamente los números de eventos de fallo y los tiempos perdidos. Basándose en los resultados obtenidos, se sugiere que para incrementar la eficiencia media de la línea y mantenerla estable, se debe comenzar por proporcionar herramientas y formar de manera más eficiente a las personas.

Milton Eliecer (2017) "Optimización del Mantenimiento Planificado (pmo) de la Central de Generación Eléctrica Cuyabeno bloque 58" Trabajo de Titulación en el área de Proyectos de Investigación y Desarrollo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el propósito de estudiar la metodología PMO, examinar los modos de falla y sus efectos, consiguiendo disminuir las pérdidas de producción debido a interrupciones imprevistas. Se evaluaron los índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, logrando mejoras que facilitaron la depuración de las actividades poco

eficientes. Tras analizar los resultados logrados, se deduce que la estrategia PMO es sumamente eficaz en equipos con varios modos de fallo y en los que la mayoría suele ser aleatoria.

Fernando G. (2009), "Mejora del Sistema de Mantenimiento de la Maquinaria en una Empresa Constructora" Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional de Perú Facultad de Ingeniería Mecánica, teniendo como objetivo, es trazar las mejoras y metas en el área de mantenimiento de equipo mecánico, en una empresa constructora, con el fin de alcanzar los rangos que la hagan competitiva internacionalmente, llegando que se puede mejorar aún más, si aumenta la Disponibilidad, aumentaría la Productividad y el MTBS, como consecuencia se reduciría el MTTR y aumentaría la Relación de Mantenimiento, esto con una política de inspecciones programadas.

Julio R. (2017), "Aumento de la " Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal drill SAC. "Tesis para Optar el Título profesional de ingeniero mecánico, teniendo como objetivo identificar las fallas que producen los tiempos perdidos por paradas en producción elaborando una matriz de criticidad, donde se pueda determinar que maquinas tienen mayor recurrencia de fallas y así implementar y diseñar un plan de mantenimiento preventivo. Se logró Aumentando la disponibilidad en un 10% y se redujo los costos de mantenimiento, mejorando el rendimiento de las máquinas y aumentando la producción de la empresa.

Jesús G. (2013), "Mejorar actividades del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de bajo perfil de la U.M MILPO IESA S.A" para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional del Centro Del Perú de Huancayo, concluye que: Este estudio determina que, gracias a la optimización de las tareas de mantenimiento, se consiguió aumentar la disponibilidad en un 1.03%. En los sistemas esenciales se disminuyeron las horas de mantenimiento preventivo: el sistema hidráulico pasó de 99.5 a 87.5 y el sistema eléctrico de 23.9 a 22.1.

El intervalo medio entre averías se incrementó de 33.29 Hrs a 38.77Hrs, mientras que el intervalo medio de reparaciones se redujo de 2.44 Hrs a 1.91 Hrs gracias a la implementación del mantenimiento autónomo. Mediante la implementación de formatos y cartillas de mantenimiento preventivo sugeridos y los ya existentes, se optimizaron las tareas de mantenimiento preventivo en el área de mantenimiento.”.

Turner (2009), en su libro “Optimization Programs Maintenance”. Señala que: El mantenimiento es uno de los mayores costos operativos controlables en las industrias intensivas en capital. Está También una función comercial crítica que afecta el riesgo comercial, la producción de la planta, la calidad del producto, costo de producción, seguridad y desempeño ambiental.

En tales organizaciones, parece que el nivel de disponibilidad de la planta cae a la etapa donde se estabiliza en un nivel bajo, un nivel en el que no se descompone porque no está funcionando. Mejorar los procesos de mantenimiento implica reingeniería de procesos y aumentar efectividad de los recursos de la siguiente manera, eliminar todas las tareas de mantenimiento que no sirven para nada o que no son rentables, eliminar cualquier duplicación de esfuerzo cuando diferentes grupos realizan el mismo. La visión a largo plazo es adoptar dicho proceso de manera que logre este objetivo de manera sistemática y que puede permanecer como un "programa de vida" para capturar los beneficios del futuro aprendizaje y técnicas avanza de forma continua.

2 **2.2. BASES TEÓRICAS**

2.2.1. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.

El mantenimiento tiene acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas. Entendiendo como función cualquier actividad correspondiente a que un equipo o sistema desempeña, bajo el punto de vista operacional. (Kardek & Nascif, 2002)

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción. En la Producción generalmente se ocupan de convertir entradas o insumo, como materias primas, mano de obra y procesos, en productos que satisfacen las necesidades de los clientes. La principal salida de producción son los productos terminados; una salida secundaria es la falla de un equipo. Esta salida secundaria genera una demanda de mantenimiento, la cual es tomada por el sistema de mantenimiento como una entrada y le agrega conocimiento experto, mano de obra y refacciones, y produce un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de producción. (Sierra, 2004)

Es así que el mantenimiento contribuye a incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Éstas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la calidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos a los clientes.

2.2.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Históricamente, el mantenimiento ha evolucionado a través de tres generaciones, las cuales mencionamos a continuación:

- **Primera generación:**

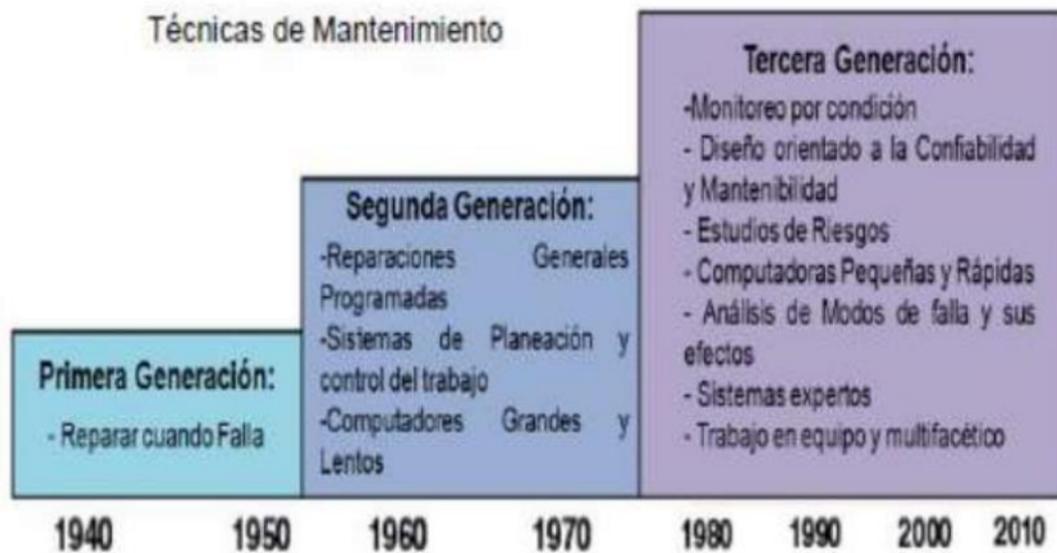
Cubre la época de la II Guerra Mundial; en esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado, esto hacía que fueran 19 fiables y fáciles de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, ni un personal significativamente calificado. (Moubray, 1998)

- **Segunda generación:**

Durante la II Guerra Mundial ocurrieron cambios drásticos, ya que se aumentó la necesidad de productos de toda clase; mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de aumentar la mecanización. Entre 1950 y 1960 se habían construido máquinas de todo tipo y cada vez más complejas, lo cual sugirió que las fallas de las maquinarias se podían y debían prevenir, resultando el nacimiento del mantenimiento preventivo, basado en la revisión completa del equipo a intervalos fijos. Además, los costos del mantenimiento comenzaron a elevarse en relación a los costos del funcionamiento, llevando a la necesidad de implantar sistemas de control y planificación del mismo. (Moubray, 1998)

6
• **Tercera generación:**

Desde mediados de los años 70, el proceso de cambio en la industria ha alcanzado altas velocidades. Equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad. Incremento en la seguridad sin daño al ambiente, mejor calidad de producto, entre otros. (Moubray, 1998)



6
Figura 2-1. Evolución del mantenimiento a nivel mundial

2
Fuente: Reability – centered maintenance. RCM II, John Moubray.

2.2.3. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Si bien el mantenimiento sigue siendo un costo de operación y, por lo tanto, debe minimizarse, el enfoque actual de la estrategia de mantenimiento ha dejado de basarse sólo en actividades de tipo 20 correctivo, siendo el objetivo minimizar los costos globales de operación, desarrollando servicios de mantenimiento lo más infrecuentemente posible pero resguardando la disponibilidad de los activos en los procesos productivos. (Furlanetto, 2005, pág. 256)

A continuación describiremos con las estrategias o tipos de mantenimiento sobre el cual se desarrolla en la práctica industrial:

2.2.3.1. *Mantenimiento correctivo.*

Se aplica luego de que un equipo presente una falla, esto no implica que la intervención esté debidamente planificada.

2.2.3.2. *Mantenimiento preventivo.*

Es el tipo de mantenimiento centrado en el tiempo de operación de los equipos, a menudo son intervenciones programadas con el propósito de prever posibles averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener el equipo en completa operación, a los niveles y eficiencia óptimos.

2.2.3.3. *Mantenimiento predictivo*

Centrado en la condición, está basado en la determinación del estado del equipo en operación. El concepto se basa en que los equipos dan algún tipo de aviso antes que se produzca una falla. Este tipo de mantenimiento trata de percibir el síntoma para después tomar las acciones correspondientes.

2.2.3.4. **Mantenimiento autónomo**

⁵ Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es periodo semanal, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los sistemas y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos sistemas operativos evitando su desgaste.

2.2.4. **PLAN DE MANTENIMIENTO.**

El plan de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta debe realizarse con mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Es esencial un control para observar cualquier desviación con respecto al plan de mantenimiento.

El Ingeniero de Mantenimiento Preventivo debe tener en cuenta que establecer un plan de mantenimiento toma tiempo y que no debe esperar resultados inmediatos, sin embargo, al cabo de pocos meses se verá gradualmente el progreso.

2.2.5. **MÉTODOS PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS.**

La pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es: ¿Qué tareas deben realizarse para impedir una falla? Obviamente, si entendemos el Mecanismo de la falla real del equipo, podemos decidir qué tareas son lógicas para impedir la falla y cuáles no son pertinentes. Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo. (Sierra, 2004)

2.2.6. MANTENIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN

El mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad de los productos. El equipo con un buen mantenimiento produce menos desperdicios que el equipo con un mantenimiento deficiente. El mantenimiento preventivo basado en las condiciones emplea una estrategia de mantenimiento de ciclo cerrado en la que se obtiene información del equipo y se utiliza para tomar decisiones para el mantenimiento planeado. La decisión de mantenimiento generalmente se basa en el empleo de un umbral, el cual, una vez alcanzado, significa que debe realizarse mantenimiento. Tal estrategia asegurará una alta calidad del producto, especialmente si el umbral se elige de tal manera que el equipo no se deteriore hasta un grado en el que se generen productos defectuosos o casi defectuosos. (Sierra, 2004)

2.2.7. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Desde el punto de vista de la administración del mantenimiento, uno de los factores más importantes es el costo. El mantenimiento involucra diferentes costos tales como:

2.2.7.1. *Costos Directos.*

Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor, influyen la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requiere; estos costos son fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en general las actividades y controles que se realizan a los equipos comprendiendo:

- Costos de mano de obra directa
- Costos de materiales y repuestos
- Costos asociados directamente a la ejecución de trabajos: consumo de energía, equipos, etc.
- Costos de utilización de herramientas y equipos.

2.2.7.2. *Costos Indirectos.*

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En mantenimiento es el costo que no puede relacionarse a

un trabajo específico. Por lo general suelen ser: supervisión, almacén, instalaciones, servicios de taller, accesorios diversos, administración, etc.

2.2.7.3. ¹³ Costos de Tiempos Perdidos.

Son aquellos aunque no están relacionados directamente con mantenimiento pero si están originados de alguna forma por este, tales como:

- Paros de producción.
- Bala efectividad.
- Desperdicios de material.
- Mala calidad.
- Entregas en tiempos no prefijados (demoras).
- Perdidas en ventas, etc.

Para ello, se debe contar con la colaboración del área de mantenimiento y producción, pues se debe recibir información de tiempos perdidos o paro de máquinas, necesidad de materiales, repuestos y mano de obra estipulados en las ordenes de trabajo, así como la producción perdida.



Figura 2-2. Costo de tiempo perdido

Fuente: Ceinmant Mantenimiento – Confiabilidad, 2019

2.2.7.4. **Costos Generales.**

13

Son los costos en que incurre la empresa para sostener las áreas de apoyo a de funciones no propiamente productivas. Para que los gastos generales de mantenimiento tengas utilidad como instrumento de análisis, deberán clasificarse con cuidado, a efecto de separar el costo fijo del variable, en algunos casos se asignan como directos o indirectos.

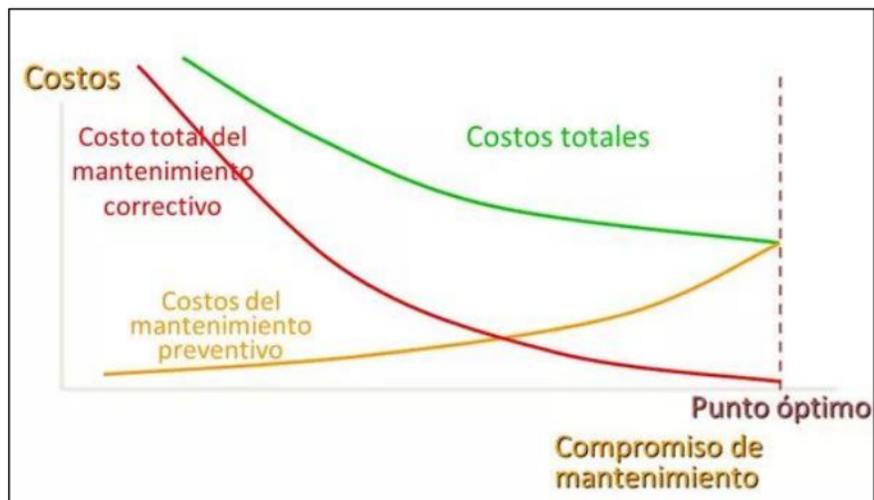


Figura 2-3. Evaluación de costos generales

Fuente: Ceinmant Mantenimiento – Confiabilidad, 2019

2.2.8. INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

Los indicadores de gestión son parámetros numéricos que facilitan la información sobre un factor crítico identificado en los diferentes procesos de mantenimiento y manufactura que intervienen en la organización. [11] Con los indicadores de mantenimiento podemos:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y su afectación a la producción.
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad.
- Establecer unos valores plan o consigna que determine los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

Entre el principal indicador de mantenimiento a considerar tenemos el de la disponibilidad.

2.2.8.1. ⁴ **Definición general de disponibilidad.**

La disponibilidad, desde el punto de vista del mantenimiento, es la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico se define como disponibilidad. (Rey Sacristan, 1996)

⁴ La imagen completa sobre el perfil de funcionalidad de un equipo está dada por la disponibilidad; que en la mayoría de los casos se considera como una medida relevante y útil cuando se deban tomar decisiones objetivas para elegir un equipo entre varias alternativas. (Mora, 2007) La relación entre disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se visualiza en la Ecuación 2.1, donde interactúan los tiempos útiles UT (Up Time ó tiempo útil) y los tiempos de fallas debidas a reparaciones imprevistas DT (Down Time ó tiempo no operativo), como de otros tiempos relevantes en la disponibilidad o no funcionalidad de las máquinas.

La medición de disponibilidad, se puede aproximar a la relación mostrada en la Ecuación 2.2, donde se hace referencia al tiempo que el dispositivo opera correctamente y funciona bien; entre el tiempo en el que la máquina realmente puede operar. (Mora, 2007)

Ecuación 2.1. Disponibilidad en relación con la mantenibilidad y la confiabilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Confiabilidad} + \text{Manteabilidad}}{\text{Confiabilidad}}$$

⁹ Ecuación 2.2. Relación de disponibilidad:

$$D = \frac{\text{Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien}}{\text{Tiempo en que el elemento maquina puede operar}}$$

Tenemos:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Dónde:

MTBF = Tiempo promedio entre fallas.

MTTR = Tiempo promedio de reparación.

$$MTBF = \frac{N \text{ de paradas correctivas}}{N \text{ de horas de operacion}}$$

$$MTTR = \frac{N \text{ de repaciones correctivas}}{\text{Tiempo total de repaciones correctivas}}$$

9

La mayoría de los usuarios aseguran que necesitan la disponibilidad de un equipo tanto como la seguridad. Hay varios métodos para lograrlo, uno es construir un equipo que cuando falle sea fácil de recuperar, y el otro es que sean confiables, y por lo tanto, demasiado costosos. (Knezevic, 1996)

- **Importancia de la disponibilidad**

La disponibilidad es una consideración importante en sistemas relativamente complejos, como plantas de energía, satélites, plantas químicas y estaciones de radar. En dichos sistemas, una alta confiabilidad no es suficiente por sí misma para asegurar que el sistema estará disponible cuando se necesite. (O'connor, 1989, pág. 134). El índice de disponibilidad (o Performance²) es de gran importancia para la gestión de mantenimiento, pues a través de este, puede ser hecho un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional está por debajo de estándares aceptables. Para su análisis, se recomienda poner en tablas mensuales, la disponibilidad (o Performance) de los equipos seleccionados por el usuario y establecer un límite mínimo aceptable de sus valores, a partir del cual, serán hechas las selecciones para el análisis. (Lourival Augusto, 55)

2.2.9. ⁵ PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO.

El plan de mantenimiento de los equipos debe elaborarse a partir de la selección de la mejor combinación de las políticas enumeradas para cada elemento, coordinadas y/o programadas para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo. Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada equipo y/o maquinaria deberían estar especificadas con cierto detalle por los fabricantes. ⁵ La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la política de mantenimiento hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada periodo de tiempo.

Las etapas de este procedimiento se explican a continuación:

- Clasificación e Identificación de los Equipos
- Recogida de Información
- Inventario de los equipos.
- Codificación de los Equipos.
- Orden de Trabajo (OT)
- Solicitud de Materiales
- Bitácora de Mantenimiento
- Control de los Neumáticos.
- Control de Combustible.
- Historial del Mantenimiento.
- Históricos de Averías del Equipo
- Selección de la política
- Equipos Críticos

2.2.10. LAS 5'S.

La filosofía de las 5'S se enfoca en el trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. Estas 5's representan acciones que son principios expresados con las cinco palabras japonesas son las siguientes:

- **Seiri (Clasificar).** Separa materiales innecesarios y deséchalos.

Objetivos:

- Módulos de trabajo más amplios y organizados.
- Eliminar obstáculos y tiempos de búsqueda.
- Evitar la ocurrencia de errores o fallas.

- **Seiton (Ordenar).** Pon las cosas necesarias en orden para que puedan ser fácilmente recogidas y usadas.

Objetivos:

- Cada objeto tenga una ubicación definida.
- Evitar demoras en ubicar los objetos.
- Asegurar que el objeto que se coloque primero se utilice primero.
- Dar fluidez a los procedimientos de trabajo.

- **Seiso (Limpiar).** Deja impecable tu lugar de trabajo y verifica la operatividad de los equipos.

Objetivos:

- Tener un área de trabajo limpia, segura y confortable.

- Facilitar los procedimientos de trabajo de alta calidad.
- Mantener equipos de trabajo en buen estado.

- **Seiketsu (Estandarizar).** Conserva impecable el lugar de trabajo e instalaciones de la empresa.

Objetivos:

- Mantener las técnicas de despeje, orden y limpieza.
- Normalizar procedimientos diarios de mantenimiento.
- Tener un control visual del estado del puesto de trabajo.

- **Shitsuke (Disciplina).** Alcanza la capacidad autónoma de aplicar constantemente las técnicas.

Objetivos

- La práctica continua y óptima de las 4 técnicas anteriores.
- Establecer una cultura de cooperación y alta productividad.

2.2.10.1. Implementación de las 5 'S'.

Para evitar los ¹² numerosos los accidentes que se producen por golpes y caídas como consecuencia de un ambiente desordenado o sucio, suelos resbaladizos, materiales colocados fuera de su lugar y acumulación de material sobrante o inservible.



Figura 2-4. Las 5S

Realizado por. Joannes F. 2019

2.2.11. ¹ EL PMO (OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO)

Es un método basado en los principios de RCM (Mantenimiento Centrado en la confiabilidad), a fin de racionalizar los programas existentes de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del ciclo reactivo de mantenimiento. (Valderrama, 2010, pág. 19), círculo el a trazo crece.



¹ **Figura 2-5. Ciclo Vicioso mantenimiento reactivo**

Fuente: OMCS Internacional 2010

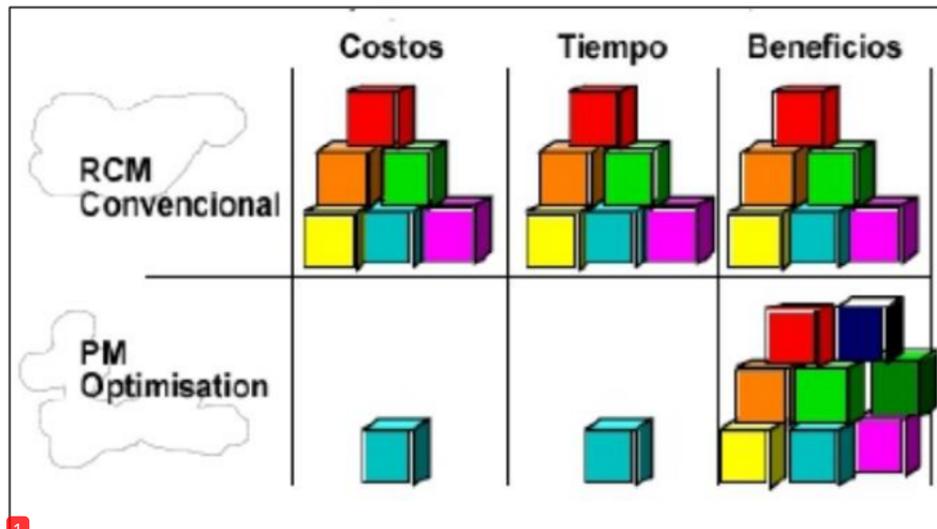
El PMO como metodología de mantenimiento requiere de un cierto número de pasos, bases, fundamentos, entre otros, como cualquier otra metodología que se implementa en el ámbito industrial, en donde se pretende retomar la propuesta de mantenimiento PMO como una opción alternativa, donde no se implementa adecuadamente el RCM por su complejidad en su ejecución y su alto costo, el PMO pretende generar mayor

confiabilidad, mantenibilidad y reducción de las horas necesarias para atender la demanda de mantenimiento.

El único medio de acercarse a la definición de un programa de mantenimiento es en un principio utilizar RCM, sin embargo este es una herramienta que se diseña para su uso en la fase de diseño del equipo de ciclo de vida y no para su uso cuando el equipo ya está en uso (Turner, 2009, pág. 8). Los requerimientos del mantenimiento preventivo (PM), muchas veces exceden los recursos asignados, se disminuyen las tareas, ocurren fallas prevenibles y se ocupan más horas hombre en mantenimiento reactivo, se improvisan reparaciones temporales desperdiciando recursos en trabajos acumulados. (Turner, 2009, pág. 4).

2.2.11.1. **Características de la Metodología PMO**

- Analiza el programa de mantenimiento actual o anterior
- Realiza los Análisis de Funcionalidad
- Genera una base de datos de los modos de falla
- Escoge el método más eficaz de mantenimiento
- Se basa en la experiencia del personal de planta
- Usa el diagrama de decisiones del RCM
- Reconoce la importancia de las funciones del activo
- Diseña de un marco de trabajo racional rentable
- Establece la adecuada asignación de recursos
- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- Se logra un efectivo uso de los recursos
- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento
- Se adapta a las situaciones y a los objetivos específicos de cada cliente
- La optimización del PM motiva al personal (Palencia, 2007, págs. 13-14).



1 Figura 2-6. Relacion Costo-Tiempo-Beneficio del RCM y PMO.

Fuente: US Nuclear Power Industry, 2009

Algunos beneficios de la implementación son:

- Se incrementa la disponibilidad de los equipos.
- Reducción de horas hombre.
- Se implementa en una sexta parte del tiempo que el RCM, inicia con el programa de mantenimiento, el historial de fallas e información técnica.

2.2.11.2. **DIFERENCIAS ENTRE RCM Y PMO**

RCM y PMO son dos tácticas completamente diferentes con el mismo objetivo; Definir los requerimientos de mantenimiento de los activos. Sin embargo se debe entender que están diseñados para ser utilizados en situaciones totalmente diferentes. RCM fue diseñado para desarrollar el programa inicial del mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida de los activos, mientras que PMO ha sido diseñado para usarlo una vez los activos están en uso.



Figura 2-7. Resultados del RCM y PMO, OMCS

Fuente: OMCS Internacional, 2009

Como resultado PMO es un método de revisión mientras que RCM es un proceso de fundación. A pesar de que los dos generan el mismo programa de mantenimiento, PMO es un análisis mucho más efectivo y flexible que RCM, ya que inicia el trabajo desde un programa de mantenimiento razonablemente bueno y toma en cuenta la experiencia de operación y las características de falla de la planta. La diferencia central metodológica entre RCM y PMO radica en la forma en que se generan los modos de falla.

RCM genera una lista de los modos de falla desde un riguroso análisis de todas las funciones, después de considerar todas las posibles fallas funcionales y de una valoración de los modos de falla que se relacionan a de falla en cada equipo del sistema a analizar. (Turner, 2009, pág. 21)

PMO genera una lista de modos de falla desde el plan de mantenimiento actual, de una evaluación del historial de fallas y de la revisión de documentación técnica. El PMO se enfoca en el régimen de mantenimiento existente, pero el RCM encuentra un amplio espacio en la estrategia de desarrollo del mantenimiento en la instalación de equipos nuevos, donde las recomendaciones del vendedor necesitan ser revisadas antes de ser desplegadas. (Turner, 2009, pág. 22)

La estrategia tradicional de mantenimiento de muchas plantas, parte de la creación de las tareas de mantenimiento, aumento injustificado de las frecuencias de intervención, se duplican las actividades, se crean lo que se denominan tareas innecesarias; los requerimientos de mantenimiento preventivo exceden los recursos disponibles, el mantenimiento correctivo consume más horas hombre de las necesarias, se desperdician más recursos, y la pérdida de otros factores que son de vital importancia para el área de mantenimiento

2.2.11.3. ² **ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO**

El AMEF (análisis de modo de fallas y efectos de fallos) y el árbol lógico de decisión, ² constituyen las herramientas fundamentales que utiliza el MCC que responderán las siete preguntas básicas. ² Herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional.

A partir de esta técnica se logra:

- Asegurar que todos los modos de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos.
- Identificar debilidades de diseño.
- Proveer alternativas en la etapa de diseño.
- Proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.
- Proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.
- Asistir en la identificación de fallas en sistemas con anomalías.

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el NPR (Número de prioridad de riesgo), el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la Gravedad o Severidad, el nivel de Ocurrencia y por la facilidad de Detección.

$$NPR = GXOXD \text{ (2.1)}$$

Dichos índices de evaluación se van determinando en escalas de 1 hasta 10 en función de las características que se describan para cada uno de ellos, siendo puntaje el menor 1 y 1000 el mayor para la evaluación y por consecuencia el valor más crítico de un AMEF.

Definiremos dicho índices:

- a) **Gravedad o Severidad:** se refiere a la probabilidad de fallos en el proceso, está basada únicamente en el efecto de fallo; todas las causas potenciales de fallo para un efecto particular también reciben la misma clasificación.
- b) **Ocurrencia:** o la frecuencia en la cual se presentan las fallas, cuando se asigna esta clasificación, se deben considerar dos probabilidades:
 - La probabilidad de que se produzca una falla.
 - La probabilidad de que, una vez ocurrida la falla, esta provoque el efecto nocivo indicado.
- c) **Detección o probabilidad de No Detección:** este indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue a ser informado. Se está definiendo la "no detección", para que el índice de

prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa.

2.2.11.4. **Pasos del PMO.**

- Recopilación de tareas Consiste en la recolección o documentación de los planes de mantenimiento existentes, ya sea formal o informal, y los cuales corresponden a una base de datos, dicha tarea la realizan un grupo numeroso de personas, incluyendo a los operadores y personal de mantenimiento
- ¹ Análisis de modo de falla y sus Efectos (AMEF) Tanto para el RCM como para el PMO, es necesario realizar el Análisis Modal de modos de falla (AMEF), en el mismo se contestan las cuatro primeras preguntas del RCM mencionadas en el numeral.
- ¹ La última del mismo numeral, es decir debemos analizar las funciones, modos, fallas, causa y efectos, de las fallas dentro del contexto operacional. Análisis de modos y Efectos de falla (AMFE) se aplica a cada sistema y subsistema. ¹

Para cada función identificada, puede haber múltiples modos de fallo. El AMFE dirige a cada función del sistema, todos los fallos posibles, y los modos de fallo dominantes asociados con cada falla. El FMEA, a continuación, examina las consecuencias del fallo para determinar qué efecto tiene el fracaso de la función u operación, en el sistema, y en la máquina. A pesar de que hay varios modos de fallo, a menudo los efectos del falla son iguales o de naturaleza muy similar.

Desde una perspectiva de la función del sistema, el resultado de cualquiera de los modos de falla puede resultar en la degradación de la función del sistema. Sistemas y máquinas similares a menudo tienen los mismos modos de fallo, pero el uso de esta metodología puede determinar las consecuencias de las

fallas. Por ejemplo, los modos de fallo de un rodamiento de bolas serán el mismo, independientemente de la máquina, pero el modo de fallo dominar, causa de la falla, y efectos del fracaso cambiarán de una máquina a otra.(NASA. 2000, p, 4-9)

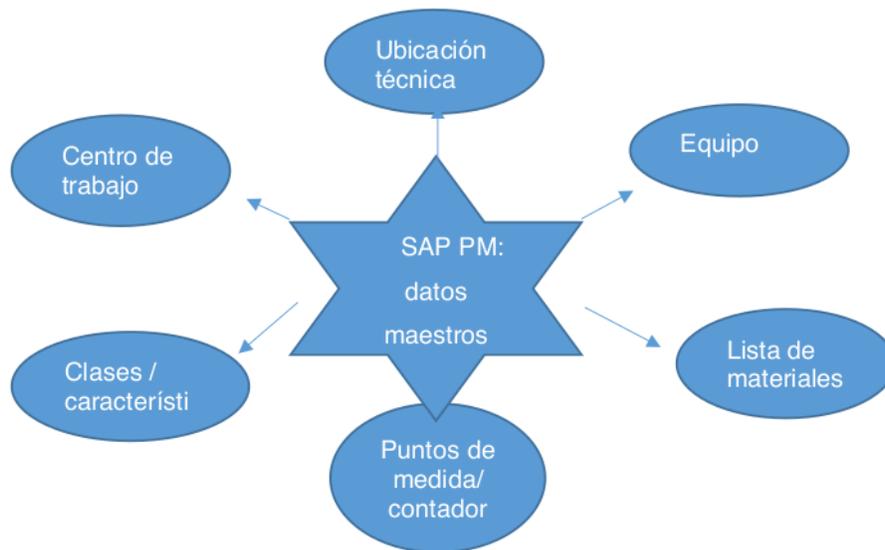
1 Tabla 2-1: Forma de análisis de modos de fallos de RCM y PMO

RCM		
Función	Falla Funcional	Modo de Falla
Proveer 20 HP de potencia al motor para que el ventilador corra a 200rpm	Falta de potencia	Desgaste de engranaje
	Falta de potencia	Fatiga de engranaje
	Falta de potencia	Falla de acople por desgaste
	Falta de potencia	Desgaste de rodamiento
PMO		
Tarea	Modo de falla analizado	
Análisis de vibraciones en caja de engranajes	Desgaste de engranaje, fatiga de engranaje, falla de acople por desgaste, Desgaste de rodamientos.	

Elaborado por. Joannes F. 2019

2.2.12. SAP PM: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE PLANTA

El software de SAP permite a las empresas optimizar y simplificar sus modelos de negocio para trabajar con la máxima eficiencia. El módulo PM (por sus iniciales en inglés) significa Mantenimiento de Planta y corresponde al módulo del software SAP que se utiliza para agilizar las plantas y los entornos de las plantas.



Esta herramienta va a permitir:

- Racionalizar la gestión de averías.
- Obtener datos de vida útil de los componentes, para poder dimensionar un stock de repuesto.
- Desarrollar el **flujo de mantenimiento** planificados y no planificados en el sistema.
- Conocer la **carga real de trabajo** del departamento de mantenimiento para poder priorizar los trabajos.
- Disponer de **informes estadísticos** que faciliten la toma de decisiones

2.2.12.1. **Datos maestros.**

Como en todos los módulos de **SAP** existen una serie de datos maestros que se utilizan para la gestión de los mantenimientos. En este caso, los básicos son:

- Ubicaciones técnicas, representan el lugar en el que se realiza una tarea de mantenimiento.
- Equipos, son las máquinas y componentes de los que se quiere realizar el mantenimiento y obtener informes.
- Contadores o puntos de medida, servirán para controlar determinadas magnitudes de los equipos. Por ejemplo, temperatura, kilómetros.
- Listas de material, listas de los componentes de un equipo o para la planificación de los materiales de recambio de una hoja de ruta o de la orden.
- Puestos de trabajo, encargados de la realización de las tareas de mantenimiento. Pueden internos o externos.

2.2.12.2. **Flujos de mantenimiento.**

El flujo de **mantenimiento** corresponde a los planes de ciclo simple y ciclo compuesto.

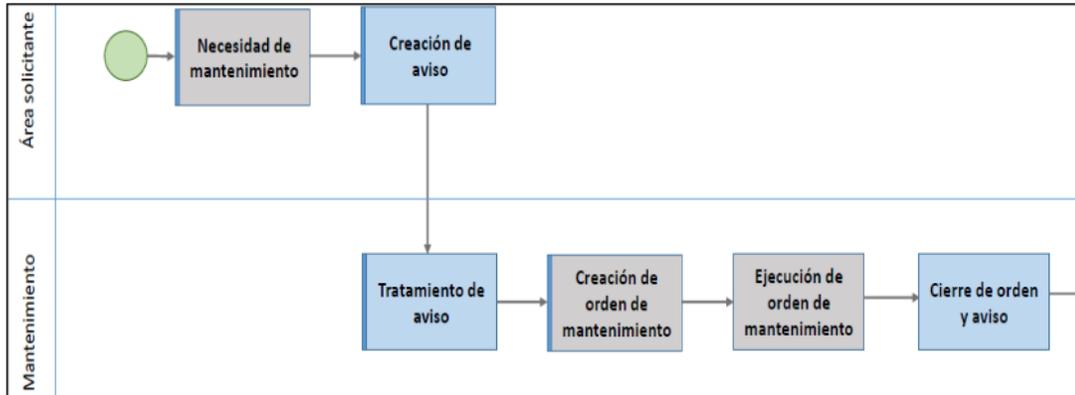
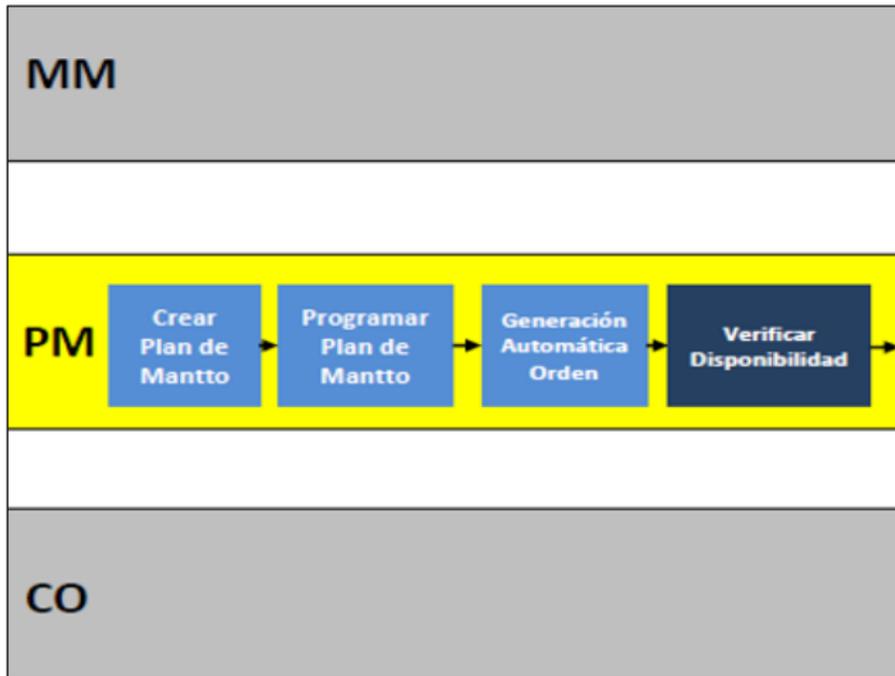


Figura 2-8. *Proceso de Mantenimiento no Planificado*

Elaborado por. Joannes F, 2019



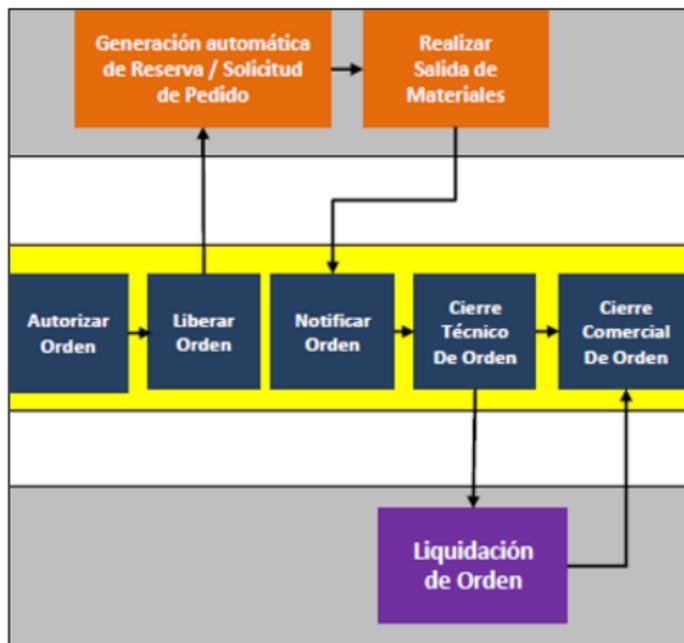


Figura 2-9. Proceso de Mantenimiento Planificado

Elaborado por. Joannes F, 2019

2.2.13. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- **Parámetros de Mantenimiento:** Un buen desempeño de las funciones de los equipos es necesario medir de forma simple sus características esenciales a través de los siguientes parámetros:
- **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo Medio de Fallas, es decir son lapsos de tiempos entre una falla y otra.
- **Mantenibilidad:** Es la probabilidad de que un objeto o sistema sea reparado durante un periodo de tiempo establecido bajo condiciones procedimentales establecidas para ello, siendo su parámetro básico el Tiempo Promedio Fuera de Servicio.

- **Disponibilidad:** Es el tiempo que un objeto o sistema permanece funcionando dentro del sistema productivo bajo ciertas condiciones determinadas. Este parámetro es tal vez el más importante dentro de un sistema productivo, ya que de él depende de la planificación del resto de actividades de la organización.
- **Inspección:** El proceso de medir, examinar, probar, calibrar o detectar de alguna otra forma cualquier desviación con respecto a las especificaciones.
- **Falla de diseño:** Incapacidad de funcionamiento causada por no contemplar los esfuerzos o exigencias a las que realmente está sometida la pieza, el sistema, componente o parte desde sus cálculos iniciales antes de la fabricación.
- **Falla humana:** Acción o maniobra errada que conduce a la afectación o daño de los sistemas, equipos, componentes o partes.
- **Historial del mantenimiento:** Un registro que muestra la reparación, refacciones, entre otros, que se emplea para ayudar a la planeación del mantenimiento.
- **Repuestos de alta rotación:** Toda actividad de mantenimiento requiere de cierta cantidad de repuestos, parte de estos repuestos se consideran de alta rotación, debido a que se consumen frecuentemente, y por tal razón es necesario tener una cantidad determinada para suplir los requerimientos de consumo de repuestos.
- **Repuestos de baja rotación:** Son aquellos que su consumo, no es frecuente, ya sea por su larga vida útil, alto costo o su bajo requerimiento.
- **Falla:** La terminación de la capacidad del equipo para realizar la función requerida.
- **Programa de mantenimiento:** Una lista completa de piezas (equipos) y las tareas de mantenimiento requeridas, incluyendo los intervalos con que debe realizarse el mantenimiento.
- **Orden de trabajo:** Una instrucción por escrito que especifica el trabajo que debe realizarse, incluyendo detalles sobre refacciones, requerimientos de personal, entre otros.

3. CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO

1 3.1. RECOPIACIÓN DE DATOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES

- Se recolecta todos los datos técnicos, tanto de la línea LAC, como de los sistemas y subsistemas, y esta información se basa principalmente en los manuales de funcionamiento y los manuales de servicio o de mantenimiento.
- Se recopila información relacionada con el área de administración de mantenimiento, en relación a las órdenes laborales, horas de funcionamiento, planes y rutinas de mantenimiento, y actualizaciones de todos los equipos de análisis
- Se recolectan datos del programa SAP PM y se examinan los datos del departamento de operaciones acerca de la valoración de las pérdidas de producción y los costos vinculados a estas.

3.2. PARÁMETROS ANTES DE LA APLICACIÓN DEL PMO

La Gerencia de Mantenimiento de la empresa PMP HOLDING, considero implementar prácticas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo eficaces, que proporcionen una funcionalidad óptima, disponibilidad y fiabilidad de los equipos, con personal altamente formado y con software modernos para mantenimiento.

Para alcanzar las metas, el departamento de Mantenimiento implementó una organización moderna acorde a los estándares internacionales, la cual se sintetiza en la figura siguiente:

ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

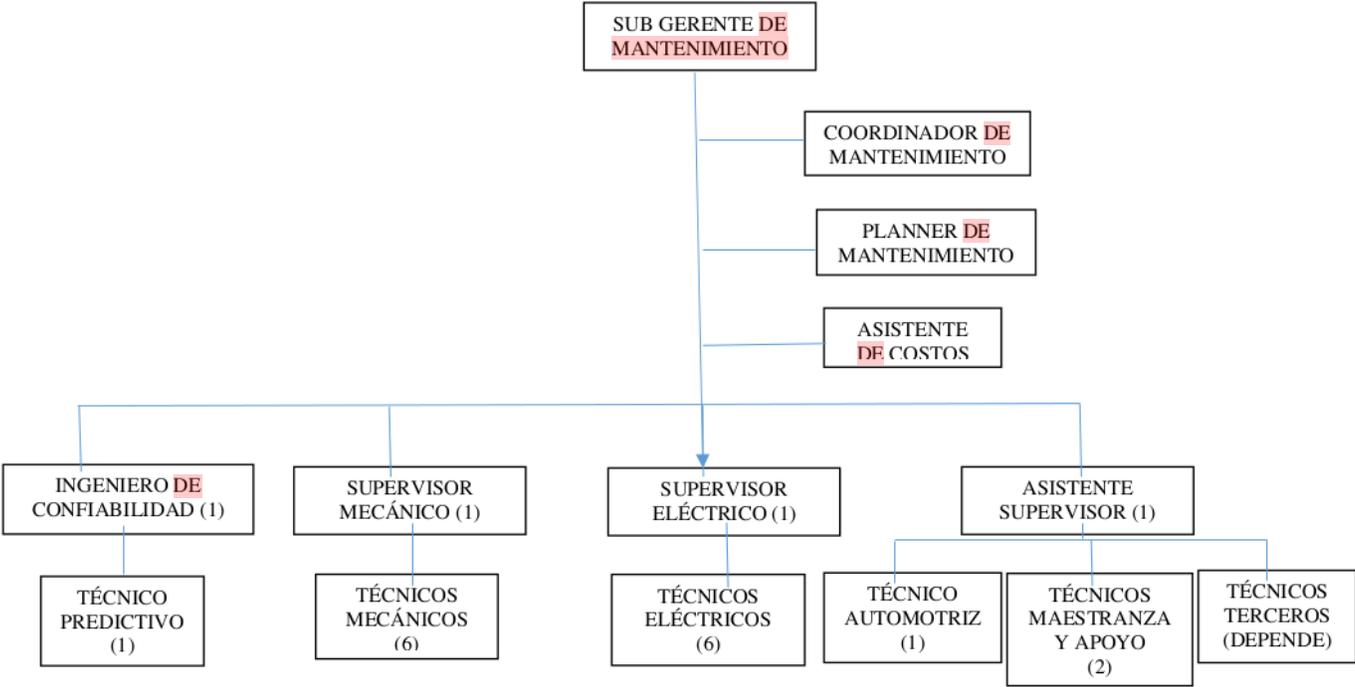


Figura 3-1. Organigrama del Departamento de Mantenimiento PMP Holding

Elaborado por. Joannes F, 2019

Los programas y planes de mantenimiento se gestionan a través del software ERP SAP PM (Gestión de Mantenimiento de Planta), el cuál es un moderno sistema de Gestión, que se realizan los respectivos mantenimientos; Preventivo, predictivo y correctivo, trabajando con órdenes de trabajo

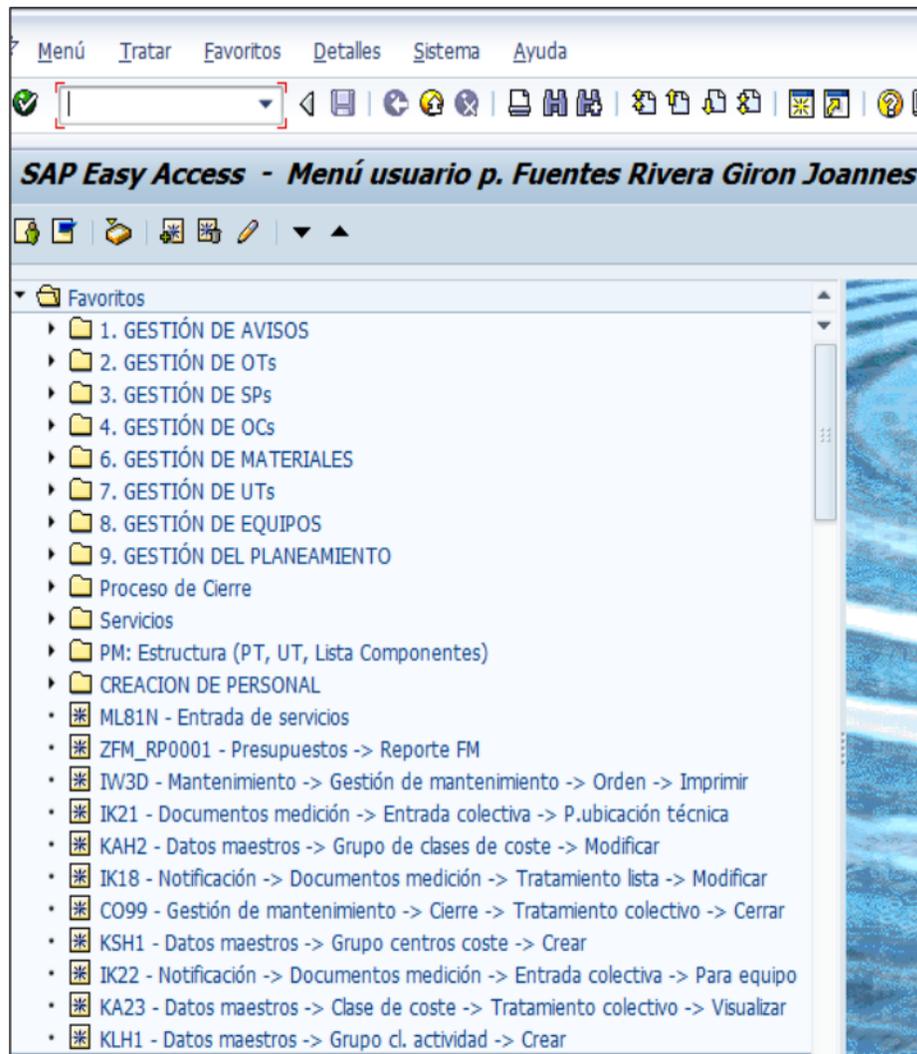


Figura 3-2. Imagen Principal SAP PM

Fuente: Empresa Precor S.A. 2019

Lista Tratar Pasar a Detalles Entorno Opciones Sistema Ayuda

Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura

Nivel hacia arriba Detalles completos

Ubic.téc.	PRE01	Válido de
Denominación	PRECOR PLANTA ESTE	
PRE01	PRECOR PLANTA ESTE	
PRE01-01	PLANTA ESTE NAVE 01	
PRE01-01-002	GRUA PUENTE MAN 20 TM	
PRE01-02	PLANTA ESTE NAVE 02	
PRE01-02-007	GRUA PUENTE NOBLE 20 TM	
PRE01-02-009	GRUA PUENTE STREET 10 TM ALM	
PRE01-02-034	PRENSA USI	
PRE01-02-035	SLITTER ABBEY ETNA	
PRE01-02-045	AFILADORA NORTON	
PRE01-02-037	SLITTER STAMCO	
PRE01-03	PLANTA ESTE NAVE 03	
PRE01-03-018	PERFILADORA LIVIANA	
PRE01-03-025	PERFILADORA SERCONSULT	
PRE01-03-043	TALLER DE MANTENIMIENTO	
PRE01-04	PLANTA ESTE NAVE 04	
PRE01-04-003	GRUA PUENTE MAN 8 TM	
PRE01-04-029	PERFILADORA TUBOS LAF	
PRE01-04-046	KNUDSON TECHOS	
PRE01-05	PLANTA ESTE NAVE 05	
PRE01-05-006	GRUA PUENTE NAI 7.5 TM LAC	
PRE01-05-010	GRUA PUENTE STREET 10 TM LAC	
PRE01-05-028	PERFILADORA TUBOS LAC	
PRE01-06	PLANTA ESTE NAVE 06	
PRE01-06-004	GRUA PUENTE NAI 7.5 TM INYECT	
PRE01-06-005	GRUA PUENTE NAI 7.5 TM PINTUR	
PRE01-06-008	GRUA PUENTE R&M PANELES	
PRE01-06-027	PERFILADORA TRAPEZOIDAL	

Figura 3-3. Imagen SAP PM, Ubicación línea LAC, Planta Este Nave 5

Fuente: Empresa Precor S.A. 2019

En el caso de la línea de producción de aceros LAC, está compuesto por los siguientes sistemas y sub-sistemas.

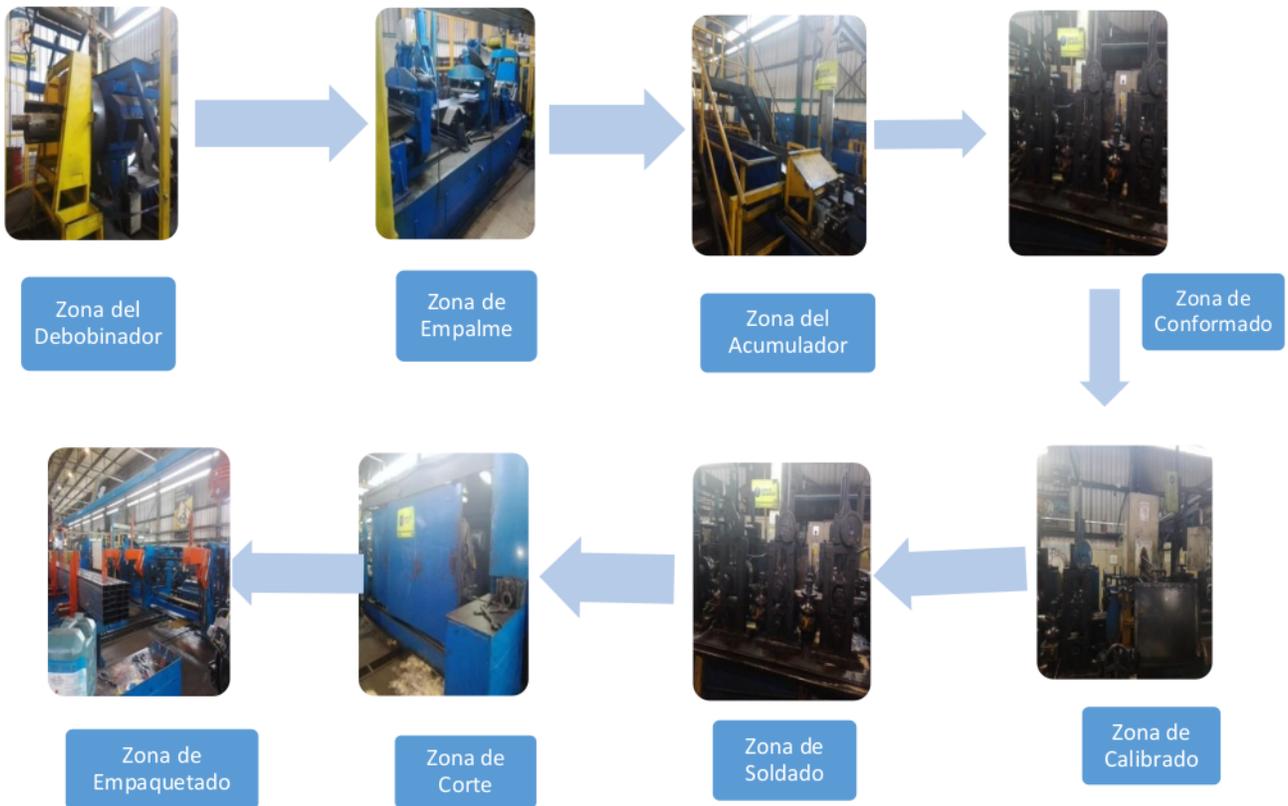


Figura 3-4. Sistemas y subsistemas

Elaborado por. Joannes F. 2019

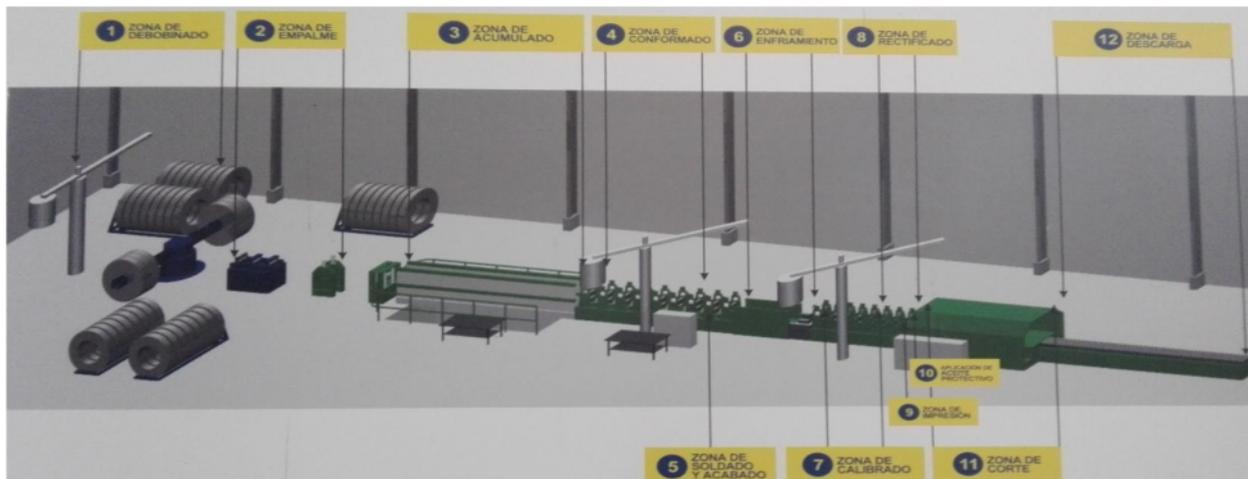


Figura 3-5. Línea LAC

Fuente: Empresa Precor S.A.

¹ 3.3. PLANES DE MANTENIMIENTO LÍNEA LAC

Los planes de mantenimiento con cierta frecuencia se ejecutan por el planner de mantenimiento a través de la generación de órdenes de trabajo, donde se envía a todas las áreas y se le entrega al supervisor de planta para su coordinación con los técnicos y las áreas de producción, de acuerdo a la programación prevista y distribuido de acuerdo a la especialidad, incluyendo las tareas de mantenimiento predictivo, de las cuales se encarga el departamento de Confiabilidad con el ingeniero de soporte de mantenimiento predictivo.

¹ En la tabla indicada muestro sólo los planes que actualmente se ejecutan. Los nuevos planes se implementarán luego del análisis respectivo, y deberán subirse al sistema SAP PM previa la aprobación de las autoridades respectivas, dentro de los planes indicados pueden existir tareas a ser modificadas, o

eliminadas, y en otros casos implementados para la optimización de dichos planes.

Se cuenta con los siguientes mantenimientos, que se trabajan con el SAP PM

Tabla 3-1. Tipos de Mantenimientos SAP PM

Tipo de Mantenimiento PRECOR S.A
ZPM1 - Correctivos Programados
ZPM3 - Preventivos
ZPM4 - Predictivos
ZPM2 - Correctivos por Averías

¹ Tabla 3-2. Rutinas de Mantenimiento preventivo de la línea LAC

MANTENIMIENTO SEMANAL MEC-ELE : LAC								
Línea	ID	Mant.prev. SAP	Descripción	L	M	X	J	V
LAC	1	PREVLUBR0001	RUTA LUBRICACION PERFILADORA LAC 1Sem.		M			
	2	PREVINSPO001	INSP. ELECT PERF.LAC 1 Sem.				E	
	3	PREVINSPO001	INSP. MECAN PERF. LAC 1 Sem.				M	
	4	PREVTRU0053	MP_LIMP SENSOR EMPAQUETADORA_LAC 1Sem	E		E		E
	5	PREVTRU0053	MP_LIMPIEZA BOQUILLAS LUBRICADOR_LAC	M		M		M
	6	PREVTRU0055	MP_MANTO LUBRICADOR DE TUBO_LAC 1Sem			M		
	7	PREVTRU0055	MP_INSP NIVEL ACEITE CALIBRADO_LAC 1Sem				M	
	8	PREVTRU0055	MP_INSP NIVEL ACEITE CONFORMADO_LAC 1Sem				M	
	9	PREVTRU0056	MP_INSP. SISTEMA ENCODER N*1_LAC 1Sem					E
	10	PREVTRU0056	MP_INSP. SISTEMA ENCODER N*2_LAC 1Sem					E

Tabla 3-3. Trabajos de Mantenimiento preventivo y predictivo, línea LAC

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
DEBOBINADOR	MP_ INSPECCIÓN MECÁNICA SISTEMA DEL BOBINADOR	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_ INSPECCIÓN ELÉCTRICA SISTEMA DEL BOBINADOR	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO DEBOBINADOR TOBERA LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_RELLENADO DE ACEITE U.H DEBO LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_CALIBRACION FRENO DEBOBINADOR LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	ANÁLISIS ACEITE U.H DEBOB LAC	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
ÁREA DE EMPALMADORA	MP_MEGADO DE MOTOR DEBOBIN_LAC	ZPM3	Eléctrico	2 sem.
	MP_INSPECCION MECÁNICA SISTEMA EMPLAMADORA	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
ACUMULADOR	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	MP_INSPECCIÓN MECANISMO ACUMULADOR LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
PERFILADORA DE FORMACIÓN Y CALIBRACIÓN	MP_MANTTO DE TABLERO ACUMULADOR_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_VERIFICAR NIVEL ACEITE CONFORMADO_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA TABLERO CONFORMADO LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_REVISIÓN MOTOR CONFORMADO LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
CÁMARA DE ENFRIAMIENTO	INSP. ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA CAJAS	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA INTERCAMBIADOR SOLDADORA_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	INSP. VIBRACIONAL BOMBA	ZPM4	Mecánico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA DE CHECK BOMBA _LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
SOLDADORA	MP_INSPECCIÓN SOLDADORA HF TUBERA LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_CAMBIO DE AGUA SOLDADORA_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_TABLERO DE SOLDADORA PRINCIPAL_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA 4 SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA 5 SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA INTERCAMBIADOR SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.

COMPRESOR ATLAS COPCO	MP_INSP. MECAN COMPRESOR ATLAS	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	INSP. ELECT COMPRESOR ATLAS	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
ZONA DE CORTE	MP_MEGADO MOTOR CARRO DE CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO CAJA REDUCT TRANSM_CARRO CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSPECCION MECÁNICA CARRO DE CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSPECCION ELÉCTRICA CARRO DE CORTE	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO SENSORES CARRO DE CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO DE TABLERO FUERZA CORTE_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO PISTONES MORZADAS CORTE_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_INSPEC CARBONES MOTOR CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_REVISAR ACOUPLE MOTOR DC CARRO DE CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSP. SISTEMA DE ENCODER N°1 _LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	MP_INSP. SISTEMA DE ENCODER N°1 _LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
RECEPCIÓN DE TUBOS	MP_INSP. SISTEMA DE MOTOREDUCTOR	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
REFRIGERACIÓN DE TUBOS	MP_MEGADO MOTOR BOMBA REFRI_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
TREN DE RODILLOS	MP_REVISION VÍA DE RODILLO_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
EMPAQUETADORA	MP_INPS. MECÁNICA EMPAQUETADORA	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_MEGADO MOTORES EMPAQUETAD LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA EMPAQUET	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MATTO PALAS 1-2-3 EMPAQUE_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA DE SENSOR DE EMPAQUETADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.

3.4. MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO

Para la aplicación del modelo de solución en la empresa Precor S.A. de la línea de producción LAC, se utilizará ¹ la metodología sugerida por Steve Tunner, pero utilizando métodos de análisis modal de efectos de falla. Se analizará el estado actual, con el objetivo de sugerir la optimización de los planes de mantenimiento, y consecuentemente los costos asignados ¹ a mejorar los indicadores del departamento y de la organización.

Al resumir la información presentada en el historial de fallas, se pueden cuantificar los mantenimientos efectuados de la siguiente manera::

¹ 3.4.1. PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN 2019 HASTA AGOSTO

Este índice se refiere a las pérdidas de producción asociadas a los eventos de falla de la línea de LAC o a su vez sistemas auxiliares, es decir compresores, subestación eléctrica, materiales y servicios externos por terceros, que han salido de operación muy importante a mantenimiento o falla funcional.

Tabla 3-4. Reporte de Fallas de la línea LAC

AÑO	FECHA	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINO	HORAS DE PARADA	SUBSISTEMA / ZONA	DESCRIPCION CORTA DE EVENTO (REPORTE PRODUCCION)
2019	19/01/2019	10:38	15:45	5.117	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en al empaquetadora, se intenta retomar en 10 oportunidades.
2019	24/01/2019	02:35	07:00	4.417	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora
2019	07/01/2019	14:35	16:40	2.083	ZONA_CORTE	Falla en la zona de corte, Colapso debido a que la hoja se quedo abajo
2019	24/01/2019	23:10	01:35	2.417	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora
2019	11/01/2019	13:50	14:10	0.333	ZONA_REFRIGERACION	Temperatura de refrigerante se encuentra muy elevada
2019	11/01/2019	15:10	15:20	0.167	ZONA_REFRIGERACION	Se revisa tina de enfriamiento por subida de temperatura llega a 38C
2019	11/01/2019	09:35	10:40	1.083	ZONA_CORTE	Se suelda tubería hidráulica alimentadora de mordaza por desgaste
2019	11/01/2019	09:20	09:35	0.250	ZONA_LUBRICACIÓN	Se revisa lubricador por obstrucción en la parte inferior
2019	21/01/2019	16:30	18:00	1.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en carro transportador de paquetes. Mto queda revisando el motor.
2019	16/01/2019	08:45	09:27	0.700	ZONA_REFRIGERACION	Rotura de manguera de agua destilada de la soldadora.
2019	29/01/2019	04:00	05:00	1.000	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el carro de empaquetadora (no retrocedia de zona de enzunchado)
2019	19/01/2019	09:35	10:33	0.967	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora.
2019	24/01/2019	09:00	09:50	0.833	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en empaquetadora
2019	21/01/2019	12:22	13:10	0.800	ZONA_EMPAQUETADO	Fallz en zona empaquetadora
2019	25/01/2019	10:50	11:30	0.667	ZONA_EMPAQUETADO	Falla empaquetadora, alerta en tablero por parada de emergencia
2019	21/01/2019	11:40	12:12	0.533	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la uña de la empaquetadora
2019	24/01/2019	17:30	18:00	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora.Falta de presion de aire
2019	22/01/2019	14:00	14:45	0.750	ZONA_CORTE	Fuga de aceite en manguera hidráulica de cortadora

2019	22/01/2019	16:00	16:10	0.167	ZONA_CORTE	Falla de presión en mordaza de la cortadora. Queda pendiente de revisión por MTTO
2019	29/01/2019	08:10	08:40	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en empaquetadora, uña se queda en posición de descarga.
2019	30/01/2019	09:20	09:50	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la zona de empaquetado
2019	03/01/2019	03:30	04:00	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Se rompe faja de primeros polines de vía de rodillos.
2019	14/01/2019	09:50	10:15	0.417	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el empaquetadora, Carro formador de paquete no se mueve.
2019	24/01/2019	16:08	16:30	0.367	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora, Falta de presión de aire
2019	21/01/2019	15:28	15:50	0.367	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en zona empaquetadora, Carro transportador falla
2019	21/01/2019	08:50	09:12	0.367	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la uña de la empaquetadora
2019	22/01/2019	07:20	07:40	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Verificar empaquetadora en vacío, sale una alerta luego se reinicia, se prueba línea sin novedad.
2019	28/01/2019	16:30	17:10	0.667	ZONA_REFRIGERACION	Temperatura alta 36.5
2019	28/01/2019	15:30	16:15	0.750	ZONA_REFRIGERACION	Temperatura alta 36
2019	29/01/2019	09:50	10:10	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora (Aparece alarma de parada de emergencia, se deshabilita botón de emergencia cercano a escalera de empaquetadora.)
2019	29/01/2019	07:40	08:00	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en empaquetadora, uña se queda en posición de descarga.
2019	07/01/2019	10:10	10:28	0.300	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la zona de empaquetado
2019	23/01/2019	10:10	10:25	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Mtto, alinea uñas formadoras de camas de la empaquetadora.
2019	29/01/2019	06:50	07:00	0.167	ZONA_DEBOBINADOR	Falla en el debobinador, no expande. Debobinador simple esta inoperativo por fuga de aceite.
2019	30/01/2019	07:00	09:00	2.000	ZONA_DEBOBINADOR	Falla en el debobinador
2019	03/01/2019	23:40	23:50	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Demora en enzuchado porque los paquetes se deforman por problemas en el rodillo volteador de tubos de la empaquetadora.
2019	04/02/2019	14:45	15:35	0.833	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora (carro de paquetes).
2019	06/02/2019	17:30	18:00	0.500	ZONA_CORTE	Rotura de perno de guarda de motor de cortadora.

2019	06/02/2019	10:25	10:50	0.417	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso en la vía de rodillos de la empaquetadora (mariposa de descarga se activa sola).
2019	07/02/2019	16:23	16:52	0.483	ZONA_REFRIGERACION	Alta temperatura de refrigerante (38 °C).
2019	08/02/2019	09:45	10:12	0.450	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el sensor de vía de rodillos de la empaquetadora.
2019	09/02/2019	08:25	10:25	2.000	ZONA_CORTE	Salida de guarda de pinton de cortadora, genera rotura de cable de homing.
2019	09/02/2019	10:25	14:50	4.417	ZONA_CORTE	Fallas reiteradas del carro de corte, disco se queda abajo.
2019	11/02/2019	13:30	14:00	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso de tubo en la empaquetadora x falla en un sensor
2019	12/02/2019	05:50	07:00	1.167	ZONA_EMPAQUETADO	Se rompe rodamiento de 2da y 3er pala de empaquetadora.
2019	13/02/2019	23:30	23:40	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Cadena de rodillo alineador se encuentra salida de posición.
2019	13/02/2019	07:00	08:00	1.000	ZONA_EMPAQUETADO	reparación de las uñas de la empaquetadora
2019	15/02/2019	23:10	23:50	0.667	ZONA_CALIBRADORA	Mantenimiento en cambio de rodamiento de motor.
2019	15/02/2019	08:15	11:30	3.250	ZONA_CORTE	avería en el acople del moto reductor del carro de corte, adaptación y cambio de moto reductor del carro de corte
2019	15/02/2019	12:15	17:50	5.583	ZONA_CORTE	avería en el acople del moto reductor del carro de corte, adaptación y cambio de moto reductor del carro de corte
2019	18/02/2019	05:25	06:35	1.167	ZONA_CORTE	Falla en el sistema de corte (mordaza no se activa).
2019	19/02/2019	03:00	05:30	2.500	ZONA_CORTE	Rotura de base de oruga porta cables y fuga de aceite hidráulico.
2019	19/02/2019	09:00	09:30	0.500	ZONA_EMPALME	2da prensa no baja, también se detecta un sobrecalentamiento en estación #13 se cambia por buck up
2019	19/02/2019	15:40	15:50	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Baja la presión de aire, enzunchadora no enzuncha
2019	20/02/2019	01:10	01:20	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora (mensaje retención de tubo en la vía de rodillos)
2019	20/02/2019	03:20	03:35	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora (mensaje retención de tubo en la vía de rodillos, y activación de mariposa generando colapso).

2019	20/02/2019	04:10	05:00	0.833	ZONA_CORTE	Caida de base de oruga porta cable .
2019	20/02/2019	15:30	17:10	1.667	ZONA_CORTE	Colapso en carro de corte (Mordaza se queda presionada)
2019	21/02/2019	00:10	00:20	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora, uña va en vacío y se activa mariposa de descarga.
2019	22/02/2019	14:16	14:50	0.567	ZONA_EMPAQUETADO	Tubo sube de manera peligrosa en la empaquetadora , en diagonal.
2019	25/02/2019	08:35	08:55	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora no avanza el transportador de tubos
2019	02/04/2019	17:20	17:32	0.200	ZONA_SOLDADO	Falla en la soldadora "THERMOSTATO ST5 E/O RELÉ BUCHHOLZ"
2019	02/04/2019	08:40	08:55	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora, cadena sube antes de tiempo generando colapso
2019	04/04/2019	05:40	05:50	0.167	ZONA_LUBRICACIÓN	Mtto revisa boquillas de lubricador.
2019	04/04/2019	06:22	06:35	0.217	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en empaquetadora, uña se va al vacío luego mariposa volteadora se activa sola y tubo en curso no llega al plato de rebote y cadena sube
2019	04/04/2019	06:55	07:00	0.083	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en empaquetadora, uña se va al vacío luego mariposa volteadora se activa sola y tubo en curso no llega al plato de rebote y cadena sube.
2019	04/04/2019	14:20	14:30	0.167	ZONA_SOLDADO	Falla en la soldadora "THERMOSTATO TRIODO ST1".
2019	04/04/2019	12:15	12:50	0.583	ZONA_CONFORMADO	Mantenimiento no termina de intervenir tapa de caja 6.
2019	05/04/2019	23:35	00:00	0.417	ZONA_DEBOBINADOR	cambio de debobinador de simple a doble (Mecánico revisa el sistema hidráulico y añade aceite y revisa presión).
2019	05/04/2019	00:20	00:30	0.167	ZONA_LUBRICACION	Falta de Lubricación.
2019	05/04/2019	01:20	01:35	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso en empaquetadora, problema constante (Uña se va al vacío, luego mariposa se activa).
2019	05/04/2019	12:40	13:00	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla de empaquetadora, uña se va en vacío y activa mariposa de vía de rodillo.
2019	05/04/2019	13:05	13:20	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en empaquetadora, mariposa de descarga se activa y genera colapso, saliendo un tubo impulsado

2019	05/04/2019	13:30	14:40	1.167	ZONA_DEBOBINADOR	Fuga de aceite en el debobinador doble origina colapso, se cambia a debobinador simple.
2019	05/04/2019	07:00	07:20	0.333	ZONA_EMPAQUETADORA	Falla en la empaquetadora, desde el turno anterior
2019	06/04/2019	23:45	00:30	0.750	ZONA_DEBOBINADOR	Cambio de de debobinador doble a simple.
2019	06/04/2019	04:22	05:05	0.717	ZONA_CORTE	Fuga de aceite en tubería de sistema hidráulico de mordaza. (Mtto suelda la tubería).
2019	06/04/2019	10:40	11:11	0.517	ZONA_CORTE	Falla en el carro de corte, cruceta de límite de carrera sale de posición.
2019	08/04/2019	07:10	07:35	0.417	ZONA_DEBOBINADOR	Instalación de flejes (Se dejo debobinador vacío para revisión de MTTO por rotura de manguera)
2019	11/04/2019	07:25	07:45	0.333	ZONA_DEBOBINADOR	Colapso en el debobinador del freno,demasiado suelto
2019	11/04/2019	12:25	13:15	0.833	ZONA_EMPAQUETADO	Falla la enzunchadora neumatica
2019	12/04/2019	07:39	07:50	0.183	ZONA_COMPRESOR	Falta de presión de aire (Compresoras apagadas).
2019	12/04/2019	11:05	11:17	0.200	ZONA_DEBOBINADOR	Colapso de fleje en el debobinador lado B.
2019	22/04/2019	13:20	13:25	0.083	ZONA_REFRIGERACION	Mantenimiento solicita detener para revisar bomba de refrigerante
2019	22/04/2019	13:55	14:25	0.500	ZONA_SECADO	Falla en el soplador de paquete
2019	23/04/2019	17:43	18:00	0.283	ZONA_CORTE	Se sale guia de la cremallera de carro de corte
2019	24/04/2019	07:15	07:40	0.417	ZONA_REFRIGERACION	Falta de presión de refrigerante.
2019	24/04/2019	07:50	09:22	1.533	ZONA_CORTE	Carro de corte de sale de sensor de fin de carrera.
2019	25/04/2019	07:10	07:35	0.417	ZONA_REFRIGERACION	Falta de presión de refrigerante
2019	26/04/2019	07:10	07:40	0.500	ZONA_REFRIGERACION	Falta de presión de refrigerante
2019	27/04/2019	07:10	07:55	0.750	ZONA_EMPAQUETADO	Falla pala no se activa
2019	27/04/2019	08:10	08:40	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la pala de la empaquetadora.
2019	27/04/2019	09:12	09:30	0.300	ZONA_EMPAQUETADO	Detención a solicitud de mantenimiento para esmerilado de taco de uña.

2019	28/04/2019	10:35	11:30	0.917	ZONA_EMPAQUETADO	falla en la empaquetadora, se demora pasar la cola del último fleje sin soldar, debido a falla no subsanada de empaquetadora
2019	29/04/2019	15:17	16:00	0.717	ZONA_SOLDADO	Se rompe manguera de agua destilada de tablero de soldadora.
2019	30/04/2019	09:38	10:00	0.367	ZONA_EMPAQUETADO	Se sale perno de plato de rebote.
2019	03/05/2019	15:53	16:05	0.200	ZONA_COMPRESOR	Bja presión de aire 3bar
2019	04/05/2019	12:30	13:00	0.500	ZONA_EMPAQUETADORA	Averia del amortiguador de tubos de la vía de rodillos.
2019	07/05/2019	07:54	08:06	0.200	ZONA_COMPRESOR	Falta de presión de aire (falla en la válvula del compresor)
2019	07/05/2019	08:15	09:00	0.750	ZONA_COMPRESOR	Falta de presión de aire (falla en la válvula del compresor)
2019	07/05/2019	09:12	10:40	1.467	ZONA_COMPRESOR	Falta de presión de aire (falla en la válvula del compresor)
2019	11/05/2019	09:15	09:25	0.167	ZONA_COMPRESOR	Baja presión de aire, 3 bar.
2019	13/05/2019	15:55	16:10	0.250	ZONA_SOLDADO	Falla de la soldadora "termostato de triodo ST1
2019	13/05/2019	16:15	16:30	0.250	ZONA_EMPAQUETADORA	Colapso en vía de rodillo, tubo sube antes de chocar plato de rebote.
2019	14/05/2019	14:30	15:00	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso de tubo a la salida de carro de corte (pernos suelto de acople de motor de cremallera)
2019	14/05/2019	15:25	15:45	0.333	ZONA_EMPALME	Falla en el sistema hidráulico del debobinador
2019	14/05/2019	07:10	07:25	0.250	ZONA_ENERGIA GENERAL	Línea no arrancaba, se tuvo que reiniciar.
2019	14/05/2019	12:20	12:30	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	falla de la empaquetadora, uña se va en vacío y mariposa descarga a manual y detiene la línea.
2019	14/05/2019	12:45	13:18	0.550	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso de tubo en la vía de rodillos, choca con mariposa.
2019	16/05/2019	11:30	11:40	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la enzunchadora.
2019	18/05/2019	07:25	07:30	0.083	ZONA_COMPRESOR	Caída de presión de aire a 3.5 bar.

2019	20/05/2019	04:36	05:15	0.650	ZONA_CORTE	vibración en el motor de la cortadora se realizó prueba de giro del motor sin disco manteniendo la vibración, inspección visual al cambio de turno se mantiene la
2019	20/05/2019	16:20	17:00	0.667	ZONA_CORTE	Falla en el carro de corte, presenta sonido extraño.Mantemiento retira el armazón
2019	21/05/2019	09:10	09:20	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la zona de empaquetado, perno del plato de rebote suelto
2019	21/05/2019	09:40	10:10	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la zona de empaquetado, perno del plato de rebote suelto
2019	22/05/2019	23:10	23:30	0.333	ZONA_SOLDADO	Llenado de agua destilado al tanque de enfriamiento de la caja de la soldadora
2019	22/05/2019	00:20	00:30	0.167	ZONA_SOLDADO	demora en soldar, mantt, coloca tapa de la soldadora.
2019	22/05/2019	15:00	18:00	3.000	ZONA_SOLDADO	Falla en la soldadora,mtto queda interviniendo
2019	22/05/2019	08:00	08:20	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla sensor del plato de rebote falla(falla de piston)
2019	24/05/2019	23:00	23:10	0.167	ZONA_EMPAQUETADORA	Colapso en la zona de empaquetado.una de las Uña se queda abajo
2019	24/05/2019	17:40	18:00	0.333	ZONA_EMPAQUETADORA	Colapso una de las uñas se queda abajo
2019	27/05/2019	16:55	18:00	1.083	ZONA_SOLDADO	Supresión electronica. Quewda el equipo de mantenimiento revisando.
2019	29/05/2019	05:50	06:15	0.417	ZONA_COMPRESOR	baja presión de aire en la empaquetadora.
2019	29/05/2019	16:15	17:10	0.917	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso, tubo retrocede de pala de empaquetadora.

2019	30/05/2019	05:40	06:00	0.333	ZONA_CALIBRADORA	falla en el variador del motor de la calibradora, 01 tubo de merma.
2019	30/05/2019	07:20	07:30	0.167	ZONA_SOLDADO	Falla en la soldadora "termostato de agua destilada".
2019	31/05/2019	13:50	14:50	1.000	ZONA_EMPAQUETADO	Falla, rotura de plato de rebote
2019	31/05/2019	16:05	16:26	0.350	ZONA_SOLDADO	Falla en la soldadora "protecciones STAB1"
2019	31/05/2019	16:26	17:00	0.567	ZONA_EMPAQUETADO	Falla, rotura de rodamiento de la pala 1
2019	01/06/2019	02:15	03:15	1.000	ZONA_EMPAQUETADO	se rompió la tapa, amortiguador del pistón zona de empaquetado
2019	03/06/2019	03:00	03:20	0.333	ZONA_CONFORMADO	Se recalienta la chumacera de la estación 5.La tapa era muy grande.La tapa se cambió por una mas pequeña
2019	03/06/2019	03:30	03:45	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso en la via de rodillos
2019	04/06/2019	23:45	00:00	0.250	SISTEMA SUMINISTRO AIRE	Falta de presión de Aire
2019	04/06/2019	00:00	00:20	0.333	SISTEMA SUMINISTRO AIRE	Falla la enzunchadora de troquel, Falta de presión al enzunchar.Tecnico de turno no lo pudo regular, Se procede a cambio por la enzunchadora de grapas
2019	04/06/2019	01:10	01:20	0.167	ZONA_SOLDADO	Soldadora se apaga.Termostato Triodo ST1
2019	04/06/2019	08:10	08:20	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	se quedo pegado el amortiguador de tubo, plato de soporte se encontraba suelto,
2019	04/06/2019	10:20	10:38	0.300	ZONA_EMPAQUETADO	se quedo pegado el amortiguador de tubo, plato de soporte se encontraba suelto,
2019	06/06/2019	05:45	06:30	0.750	ZONA_CORTE	Desprendimiento del armazon del motor del carro de corte
2019	06/06/2019	23:10	00:10	1.000	ZONA_EMPAQUETADO	Falla del sensor del plato de rebote
2019	06/06/2019	09:20	10:10	0.833	ZONA_EMPAQUETADO	colapso del tubo en la villa de rodillos, faja estirada.
2019	06/06/2019	14:40	15:00	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	falla en la empaquetadora.
2019	08/06/2019	08:00	08:10	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Falla zona de empaquetado
2019	08/06/2019	08:30	08:50	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla zona de empaquetado

2019	08/06/2019	09:10	09:20	0.167	ZONA_CORTE	Falla en el carro de corte se redujo la velocidad a 65 metro x minuto
2019	10/06/2019	09:28	11:20	1.867	ZONA_EMPAQUETADO	Falla el elevador de tubos, Rotura de cremallera
2019	12/06/2019	10:00	10:30	0.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla, carro formador de paquete no se traslada.
2019	15/06/2019	08:15	08:28	0.217	SISTEMA SUMINISTRO AIRE	Baja presión de aire
2019	15/06/2019	08:36	08:45	0.150	SISTEMA SUMINISTRO AIRE	Baja presión de aire
2019	17/06/2019	15:45	16:22	0.617	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la via de rodillos (primer trano no gira, faja estirada)
2019	17/06/2019	17:05	17:25	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Falla, desgaste de perno del tercer brazo del carro de empaquetadora (no dejaba salir)
2019	17/06/2019	07:42	08:00	0.300	ZONA_EMPAQUETADO	Rotura de perno del tercer brazo del carro de empaquetadora
2019	17/06/2019	12:55	13:20	0.417	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el carro, no se posiciona en punto cero.
2019	19/06/2019	09:40	10:05	0.417	ZONA_CONFORMADO	Rotura de rodamiento de chumacera 12, en eje superior. Bocina nueva de chumacera backUp no ingresa
2019	20/06/2019	15:30	15:54	0.400	ZONA_EMPAQUETADORA	Desajuste de pernos de plato de rebote de via de rodillos.
2019	21/06/2019	12:43	13:20	0.617	ZONA_REFRIGERACION	Alta temperatura de refrigerante (40 °C). Bomba averiada de taladrina.
2019	21/06/2019	13:30	13:35	0.083	ZONA_REFRIGERACION	Alta temperatura de refrigerante (40 °C). Bomba averiada de taladrina.
2019	22/06/2019	09:44	11:50	2.100	ZONA_EMPAQUETADORA	Falla de soplador de tubos
2019	26/06/2019	08:30	08:50	0.333	ZONA_CALIBRADORA	Se mordio el fleje en la estacion 9.la chumacera no permite subir
2019	01/07/2019	07:10	07:40	0.500	ZONA_DEBOBINADOR	Debobinador desactivado.
2019	01/07/2019	09:00	09:50	0.833	ZONA_DEBOBINADOR	Debobinador invertido, se activa debobinador simple
2019	01/07/2019	11:05	11:30	0.417	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el carro no sale
2019	01/07/2019	12:15	13:45	1.500	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el carro no sale
2019	01/07/2019	14:30	15:30	1.000	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el carro no sale

2019	02/07/2019	15:25	15:45	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso en la empaquetadora, cadena sube antes de tiempo
2019	03/07/2019	03:20	03:40	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	colapso de tubo en la empaquetadora, rodillos 8,9 y 10 no giraban.
2019	03/07/2019	09:58	10:20	0.367	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso en via de rodillo, tubo se engancha con perno sobresalido de plato de rebote.
2019	04/07/2019	10:00	10:35	0.583	ZONA_EMPAQUETADO	Mantenimiento interviene via de rodillo (no se pudo automatico para activar soldadora HF)
2019	05/07/2019	02:10	02:30	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	parada de maquina por falta de espacio, almacén no sacaba producción por falta de secado interno, falla del pulsador de aire
2019	05/07/2019	17:00	17:36	0.600	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora, perno sobresalido de plato de rebote
2019	05/07/2019	08:30	08:38	0.133	ZONA_CALIBRADORA	Chumacera 9 se desuelda (es sta 12).
2019	06/07/2019	13:34	13:42	0.133	ZONA_EMPAQUETADO	Soltura de perno de plato de rebote
2019	06/07/2019	14:58	15:10	0.200	ZONA_EMPAQUETADO	Soltura de perno de plato de rebote
2019	09/07/2019	07:45	08:03	0.300	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora, tubo se descarga antes de llegar al plato de rebote
2019	12/07/2019	14:00	14:15	0.250	ZONA_CONFORMADO	Recalentamiento de la tapa de la chumacera
2019	12/07/2019	14:30	14:45	0.250	ZONA_COMPRESOR	Falta de presion en la enzunchadora
2019	13/07/2019	10:03	10:18	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en el elevador de tubos,
2019	15/07/2019	14:25	14:33	0.133	ZONA_COMPRESOR	Baja presion de aire.
2019	16/07/2019	09:12	10:26	1.233	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en zona de Empaquetado
2019	17/07/2019	03:45	03:50	0.083	ZONA_SOLDADO	Se apago, no suelda
2019	17/07/2019	03:50	07:00	3.167	ZONA_SOLDADO	Intervención para el brazo soldador
2019	18/07/2019	07:00	11:30	4.500	ZONA_SOLDADO	Intervención de mantenimiento en el brazo soldador
2019	23/07/2019	15:22	15:49	0.450	ZONA_EMPAQUETADO	Falla perno de articulación de brazo formador torcido.
2019	24/07/2019	09:50	10:24	0.567	ZONA_SOLDADO	Cierre de tapa de trafo.

2019	26/08/2019	11:09	11:38	0.483	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso en la empaquetadora, tubo sube antes de chocar plato de rebote.
2019	02/08/2019	09:03	11:19	2.267	ZONA_CONFORMADO	Rotura de engranaje de caja reductora.
2019	02/08/2019	08:03	08:29	0.433	ZONA_EMPAQUETADO	colapso en la empaquetadora (plato de rebote se queda pegado).
2019	13/08/2019	23:45	00:08	0.383	ZONA_EMPAQUETADO	gancho de izaje de la enzunchadora se encontro suelto, falta de tuerca .
2019	09/08/2019	10:54	10:59	0.083	ZONA_EMPALME	Falla en el rola jaladora de mesa de empalme.
2019	09/08/2019	13:10	13:25	0.250	ZONA_DEBOBINADOR	falla en el motor de guarda de debobinador (se quemó bornes)
2019	09/08/2019	08:05	08:39	0.567	ZONA_EMPALME	Falla en el polin de mesa de empalme, se levanta cuando se jala la cola de fleje / fleje se muerde en estación
2019	10/08/2019	14:52	15:00	0.133	ZONA_DEBOBINADOR	Guarda de fleje de debobinador no sale
2019	10/08/2019	15:00	15:45	0.750	ZONA_CORTE	Fuga de aceite hidraulico en carro de corte
2019	08/08/2019	09:08	09:29	0.350	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso tubo sube antes de llegar al plato de rebote
2019	24/08/2019	03:42	04:02	0.333	ZONA_EMPAQUETADO	punta de empalme se engancha en perno sobresalido de plato de rebote, genera colapso (mantenimiento cambia de perno y cambia la condición de subida de tubo a sensor de via de rodillo)
2019	12/08/2019	17:02	17:07	0.083	ZONA_DEBOBINADOR	Rotura de cadena de guarda de debobinador doble.
2019	08/08/2019	15:59	16:18	0.317	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso tubo sube antes de tiempo.
2019	13/08/2019	01:40	02:10	0.500	ZONA_DEBOBINADOR	avería del motoreductor de la guarda del debobinador.

2019	13/08/2019	07:27	07:34	0.117	ZONA_DEBOBINADOR	Guarda de debobinador de fleje no sale
2019	13/08/2019	14:29	14:44	0.250	ZONA_DEBOBINADOR	Falla en el tablero del debobinador (no respondía a los controles).
2019	10/08/2019	09:28	09:45	0.283	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora, tubo se queda delante de vía de rodillo
2019	20/08/2019	23:57	00:12	0.250	ZONA_EMPAQUETADO	Falla en la empaquetadora. Plato de rebote se queda pegado y detiene línea (mecánico recorta perno sobresaliente del plato)
2019	20/08/2019	00:32	00:34	0.033	ZONA_EMPALME	Empalme le gana a soldador (sistema hidráulico lento)
2019	27/08/2019	09:53	10:05	0.200	ZONA_EMPAQUETADO	Empaquetadora se pone solo en manual.
2019	24/08/2019	04:56	05:06	0.167	ZONA_EMPAQUETADO	Tubo se queda pegado delante de plato de rebote (tecnico cambia la condición de subida a solo tambor)
2019	24/08/2019	14:00	15:30	1.500	ZONA_CORTE	11 rotura de la faja del motor de corte.
2019	20/08/2019	23:48	23:56	0.133	ZONA_EMPAQUETADO	Falla plato de rebote se queda pegado y detiene línea.
2019	10/08/2019	09:23	09:27	0.067	ZONA_EMPAQUETADO	Colapso mariposa de descarga se queda en medio de vía de rodillo.
2019	28/08/2019	08:35	09:40	1.083	ZONA_DEBOBINADOR	Rotura de manguera del debobinador doble, no se puede utilizar el simple por baja presión hidráulica.

Fuente: Área de confiabilidad, Empresa Precor, 2019

3.4.2. INDICADORES

En el contexto ¹ de la administración de mantenimiento y el plan estratégico de la empresa, actualmente se determinan ciertos indicadores, de los cuales examinaremos los que son el foco de esta investigación.

3.4.2.1. Horas de paradas.

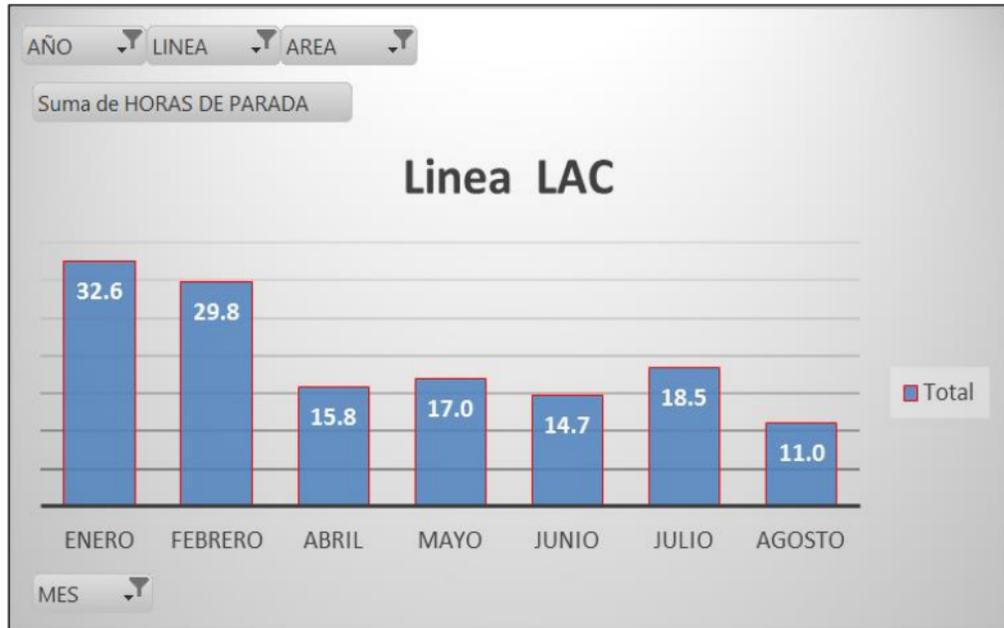
La cantidad de horas de parada del año 2019, hasta el mes de Agosto, por los correctivos ocasionados, tenemos las siguientes tablas.

Tabla 3-5. Resumen de horas de parada por mes

LINEA	LAC
AÑO	2019
AREA	MANTENIMIENTO
MES	Suma de HORAS DE PARADA
ENERO	32.6
FEBRERO	29.8
ABRIL	15.8
MAYO	17.0
JUNIO	14.7
JULIO	18.5
AGOSTO	11.0
Total general	139.4

Para mostrado detalladamente tenemos el siguiente grafico realizado

Figura 3-6. Horas de Parada Mes vs Hora



Elaborado por, Joannes F. 2019

Tabla 3-6. Resumen historial de mantenimientos, Enero a Agosto 2019, excepción mes de Marzo

2 TIPO DE MANTENIMIENTO	CANTIDAD DE FALLAS
Mantenimiento Planeado	0
Mantenimiento no planeado	208
Total	208

Tabla 3-7. Resumen cantidad de horas de parada por mes

PRECOR S.A	LÍNEA	LAC
	AÑO	2019
	ÁREA	MANTENIMIENTO
Mantenimiento	MES	Cuenta de HORAS DE PARADA
No planeado	ENERO	36
No planeado	FEBRERO	25
No planeado	ABRIL	35
No planeado	MAYO	33
No planeado	JUNIO	29
No planeado	JULIO	25
No planeado	AGOSTO	25
No planeado	Total general	208

Tabla 3-8. Resumen cantidad de horas de parada por sistema

PRECOR S.A	LINEA	LAC
	AÑO	2019
	AREA	MANTENIMIENTO
Mantenimiento	Sistemas	Cuenta de HORAS DE PARADA
No planeado	SISTEMA SUMINISTRO AIRE	4
No planeado	ZONA_ACUMULADOR	1
No planeado	ZONA_CALIBRADORA	6

No planeado	ZONA_CELDA LUBRICACION	2
No planeado	ZONA_COMPRESOR	17
No planeado	ZONA_CONFORMADO	7
No planeado	ZONA_CORTE	41
No planeado	ZONA_DEBOBINADOR	20
No planeado	ZONA_EMPALME	15
No planeado	ZONA_EMPAQUETADO	118
No planeado	ZONA_ENERGIA GENERAL	1
No planeado	ZONA_LUBRICACIÓN	3
No planeado	ZONA_REFRIGERACION	12
No planeado	ZONA_SECADO	1
No planeado	ZONA_SISTEMA ELECTRICO	1
No planeado	ZONA_SOLDADO	15
No planeado	Total general	264

Elaborado por, Joannes F. 2019

Para poder analizar respecto al AMEF, se analiza los sub-sistemas más críticos presentados.

Tabla 3-9. Resumen cantidad de horas de parada por sistema más críticos

Mantenimiento	Sistemas	Cuenta de HORAS DE PARADA
No planeado	ZONA_CALIBRADORA, CONFORMADO	13
No planeado	ZONA_COMPRESOR	17
No planeado	ZONA_CORTE	41
No planeado	ZONA_DEBOBINADOR	20
No planeado	ZONA_EMPALME	15
No planeado	ZONA_EMPAQUETADO	118
No planeado	ZONA_REFRIGERACIÓN	12
No planeado	ZONA_SOLDADO	15

3.4.2.2. **Costos de Mantenimiento**

La imagen muestra los gastos de mantenimiento del año 2019, hasta agosto, incluyendo los correctivos, preventivos y predictivos.

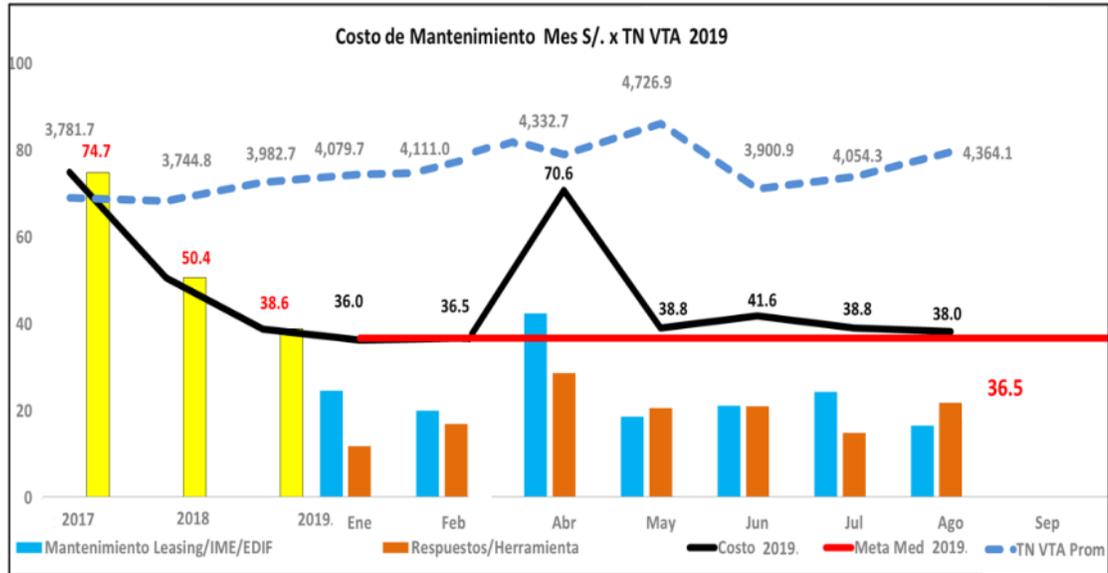


Figura 3-7. Costo de mantenimiento hasta el mes de Agosto, excepción mes de Marzo
 Elaborado por, Joannes F. 2019

3.4.2.3. *Disponibilidad*

De los cuadros analizados respecto a los meses, donde involucra el tiempo de operación, número de fallas, horas de paradas, se calculará la disponibilidad actual mediante los indicadores MTBF y MTTR, hasta el mes de Agosto.

Se utiliza las fórmulas correspondientes al capítulo 17

Dónde:

MTBF = Tiempo promedio entre fallas.

MTTR = Tiempo promedio de reparación.

Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{N \text{ de paradas correctivas}}{N \text{ de horas de operación}}$$

Tiempo promedio para la falla (MTTR)

$$MTTR = \frac{N \text{ de reparaciones correctivas}}{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}$$

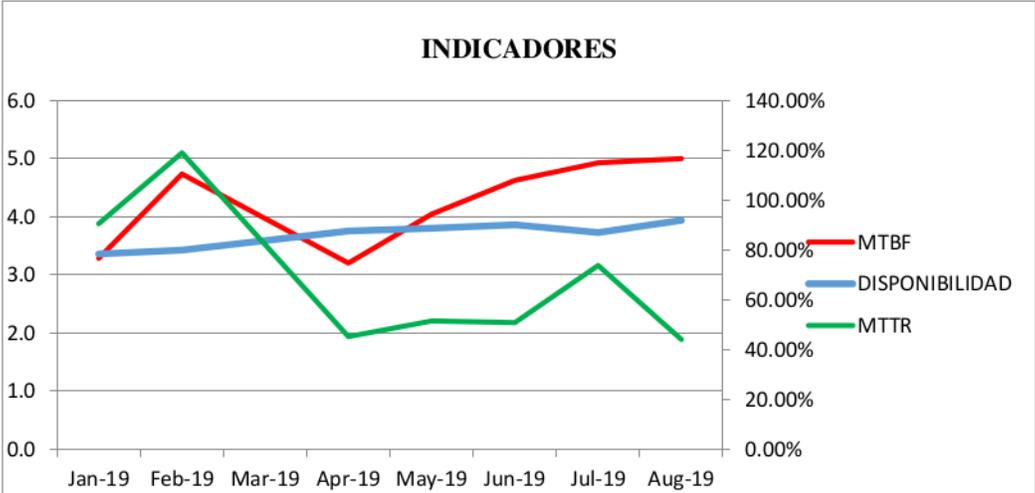
$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Tabla 3-10. Disponibilidad actual

LAC						
MES	DISPONIBILIDAD	T. operacion	Nro. Fallas	Hr mes	MTBF	MTTR
ene-19	78.40%	118.300	36	32.6	3.3	0.9
feb-19	79.92%	118.400	25	29.8	4.7	1.2
abr-19	87.64%	112.100	35	15.8	3.2	0.5
may-19	88.71%	133.460	33	17.0	4.0	0.5
jun-19	90.11%	134.200	29	14.7	4.6	0.5
jul-19	86.97%	123.200	25	18.5	4.9	0.7
ago-19	91.90%	125.020	25	11.0	5.0	0.4
Total	86.26%	864.680	208.000	139.350	29.8	4.7

Elaborado por, Joannes F. 2019

Figura 3-8. Análisis de disponibilidad, MTBF y MTTR



Elaborado por, Joannes F. 2019

- 1 **Análisis de Modos, Efectos de Falla y sus Consecuencias (Fmeca)**

De acuerdo a la Tabla 3-11, suscrito en el capítulo número 61. Se identifica en el sistema de empaquetadora 118, corte 41, compresor 17, calibradora 6, conformado 7, rebobinador 20, empalme 15, refrigeración 12, soldado 15 horas de parada de la línea LAC.

Con los datos obtenidos y cálculos realizados lo tendremos en cuenta para darle más énfasis en nuestro análisis de FMEA

La estrategia es que con personal técnico calificado, el operador más antiguo y con el historial de fallas se formó lo cuadros FMEA y planes de mantenimiento a considerar.

Tabla 3-12. Analices del FMEA

SISTEMA	FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA
DEBOBINADOR DOBLE	Acumular rollos de flejes para transmitir a una velocidad constates establecida, al área de soldado.	Falla en la bomba hidráulica	No transmitir el fluido a una presión establecida
		Falla en el pistón hidráulico	No permite la elevación de polines
		Falla en el motor eléctrico	Interrumpe al retiro de la guarda del fleje, reteniendo la producción
		Falla en las mangueras hidráulicas	No permite transmitir correctamente el fluido del aceite
		Falla en las uñas de expansión	No permite comprimir y extraer el rollo de fleje, con la finalidad de fijarlo, causando parada de línea
		Falla de válvulas hidráulicas	No permite controlar correctamente, causando parada de línea

		Falla de disco de freno	No permite, realizar el frenado como es debido
		Falla del tablero eléctrico	No permite la alimentación del fleje. Ésta falla puede ocasionar que el subsistema deje de alimentar fleje produciendo una parada de línea
		Falla de aceite tanque hidráulico	Interrumpe la correcta transmisión de fluido de aceite a los componentes
		Falla en la cremallera circular	No permite el giro del debobinador a 180 grados, causando parada de línea
		Falla en los polines de guarda	No permite detener el fleje de las bobinas
EMPALMADORA	Empalmar los flejes la cola con la punta , para iniciar la alimentación a los otros sub-sistemas	Falla en el tablero eléctrico	No permite que accione la empalmadora bloquea todo
		Falla en las Válvulas hidráulicas	No permite sujetar el fleje con los rodillos cilíndricos
		Falla en los rodillos	No presiona correctamente, pierde estabilidad
		Falla en la cizalladora	No permite realizar el corte dañando el motor eléctrico
		Falla en la máquina de soldar	No pueden empalmar los flejes, causando parada de línea
		Falla en los polines guidores	No permite guiar al fleje correctamente hacia al pozo acumulador
PERFILADORA DE FORMACIÓN Y CALIBRACIÓN	Dar forma a los flejes en los tubos según el diseño requerido por el cliente.	Falla en la caja reductora principal	No permite transmitir potencia adecuado, causando parada de línea
		Falla en los acoples	No permite transmitir potencia hacia la caja de línea
		Falla en las cadenas	No permite accionar con las cajas de línea.
		Falla en la enderezadora	No puede amoldar al fleje como es debido.
		Fallas en las cajas reductoras del 01 al 09	No pueden transmitir movimiento, para dejar avanzar el fleje.
		Falla en las Válvulas esféricas	No permite limitar el flujo del refrigerante

		Falla en el tablero eléctrico	No permite tener un control de corriente estable, si registra alguna falla te para la línea
		Falla en el motor DC 75 KW	No permite avanzar los rodillos de las estaciones formadores los polines deteniendo toda la fina
		Falla en el tacogenerador	No permite el funcionamiento dado al variador ya que interrumpe para detener al motor DC
SOLDADORA	Es donde se realiza soldadura de unión de los tubos de forma circular o cuadrada, quedando el tubo en una sola pieza	Falla en las mangueras flexibles	No permite la trasmisión del agua osmotizada adecuada
		Falla en la plancha de teflón	No permite aislar las placas del brazo soldador
		Falla en los condensadores	No permite accionar al transformador de alta frecuencia, causando parada de línea.
		Falla en la consola del trífodo	No permite permite realizar mandar una señal al brazo soldador
		Falla en el tablero de control	No permite controlar un voltaje adecuado y una corriente, causando parada de línea
		Falla en el flujometro	No permite medir el caudal que va al trafo de alta frecuencia
		Falla en el transformador de alta frecuencia	No permite soldar, causando parada de línea
		Falla en el ventilador de humo	No permite extraer el humo ocasionado por el brazo soldador
ZONA DE CORTE	Permite realizar el recorrido del carro de corte para cortar los tubos a la media requerida por los cliente	Falla en las ruedas	No facilita el traslado del carro de corte como es debido causando interrupciones en los otros sistemas
		Falla en las guías de las ruedas	No facilita guiar a las ruedas para el traslado del carro de corte.

		Falla en la estructura de corte	No permite soportar todo los componentes mecánicos como eléctricos.
		Falla en el servo motor	No permite realizar el corte de los tubos por el carro de corte, causando parada de línea, mandando alarmar de sobrecorriente
		Falla en la cadena flexible	No permite sujetar de los cables, entonces interrumpe que el carro de corte se traslade correctamente causando parada de línea
		Falla en las mangueras hidráulicos	No permite la distribución adecuada
		Falla en el block de válvulas	No permite una distribución correcta a las electroválvulas
		Falla en el lubricador	No permite una buena lubricación al tubo, si es en exceso te causa parada de línea
		Falla en la caja reductora	No permite la transmisión de potencia establecida, causando parada de línea
		Falla en la mordaza	No permite sujetar el tubo, para poder realizar el corte del tubo
		Falla en el encoder	No permite el corte del tubo adecuado causando diferentes tamaños
		Falla en los sensores inductivos	No permite el correcto recorrido del carro de corte, causando parada de línea
		Falla en el PLC	No permite el funcionamiento del motor del carro de corte
EMPAQUETADORA	Encardo de recepcionar, aglomerar según la cantidad establecida, después de todo el trayecto de los tubos, para luego ser almacenados	Falla en la cadena	No puede accionar el movimiento de los paquetes de tubos, causando parada de línea
		Falla en la enzunchadora	No se puede enzunchar la agrupación de tubos, causando parada de línea
		Falla en las mangueras hidráulicas	No acciona correctamente los cilindros hidráulicos.

para su despacho a los clientes.	Falla en el FRL	Interrumpe el flujo de aire que va a la enzunchadora causando parada de línea
	Falla en el piston hidraulico	No permite la elevacion de los brazos, para acomodar los tubos, causando parada de linea
	Falla en los motores electricos	No permite el accionamiento de la cadena transportadora
	Falla en los sensores inductivos	No permite amoldar las posicionales para los brazos, causando parada de liena
	Falla en el tablero electrico	No permite todo el accionamiento de la emplamadora, causando parada de linea
	Falla en el variador	No permite el funcionamiento correcto de los motores electricos
	Falla en las uñas	No accionan corretamente en paralelo
	Falla en el carro transportador	No se puede realizar la transpotacion de los paquetes de tubos, causando parada de linea
	Falla en el PLC	No permite la comunicación correctamente dificultado el funcionamiento de los brazos.

Elaborado por, Joannes F. 2019

Después de a ver analizado las fallas mostradas, se mejorara e implementara los siguientes planes de mantenimiento: los sombreados por color amarillo se mejoraran y los de color verde se implementaran.

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
SOLDADORA	MP_ INSPECCIÓN SOLDADORA HF TUBERA LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_CAMBIO DE AGUA SOLDADORA_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_TABLERO DE SOLDADORA PRINCIPAL_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA 4 SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA 5 SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA INTERCAMBIADOR SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.

Tabla 3-13. Planes actuales sub-sistema de soldadora

Elaborado por, Joannes F. 2019

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
SOLDADORA	MP_ INSPECCIÓN SOLDADORA HF TUBERA LAC	ZPM3	Mecánico	3 Días
	MP_ INSPECCIÓN DE TRÍODO Y LIMPIEZA	ZPM3	Eléctrico	1 Mens.
	MP_ INSTRUMENTACIÓN DE CONDENSADOR DE ALTA	ZPM3	Eléctrico	1 Bimen.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA 4 SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA 5 SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_ LIMPIEZA INTERCAMBIADOR SOLDADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	3 Días
	MP_ CAMBIO DE AGUA OSMOTIZADA	ZPM3	Mecánico	1 Mens.
	INSP. ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA TABLEROS	ZPM4	Predictivo	1 Sem.

Tabla 3-14. Planes modificados e implementados sub-sistema de soldadora

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
DEBOBINADOR	MP_ INSPECCIÓN MECÁNICA SISTEMA DEL BOBINADOR	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSPECCION ELÉCTRICA SISTEMA DEL BOBINADOR	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO DEBOBINADOR TOBERA	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_RELLENADO DE ACEITE U.H DEBO LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_CALIBRACION FRENO DEBOBINADOR LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	ANÁLISIS ACEITE U.H DEBOB LAC	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	MP_MEGADO DE MOTOR DEBOBIN_LAC	ZPM3	Eléctrico	2 sem.

Elaborado por, Joannes F. 2019

Tabla 3-15. Planes actuales sub-sistema del debobinador.

Elaborado por, Joannes F. 2019

Tabla 3-16. Planes modificados e implementados sub-sistema del debobinador

Elaborado por, Joannes F. 2019

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
PERFILADORA DE FORMACIÓN Y CALIBRACIÓN	MP_VERIFICAR NIVEL ACEITE CONFORMADO_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA TABLERO CONFORMADO LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_REVISION MOTOR CONFORMADO LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA CAJAS	ZPM4	Predictivo	1 Sem.

Tabla 3-17. Planes actuales sub-sistema de perfiladora, formación y calibración

Elaborado por, Joannes F. 2019

Tabla 3-18. Planes modificados e implementados sub-sistema de perfiladora, formación y calibración

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
DEBOBINADOR	MP_INSPECCIÓN MECÁNICA SISTEMA DEL BOBINADOR	ZPM3	Mecánico	3 días.
	MP_INSPECCIÓN ELÉCTRICA SISTEMA DEL BOBINADOR	ZPM3	Eléctrico	3 días.
	MP_MANTTO TABLERO DEBOBINADOR TOBERA LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_RELLENADO DE ACEITE U.H DEBO LAC	ZPM3	Mecánico	15 días.
	MP_CALIBRACION FRENO DEBOBINADOR LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	ANÁLISIS ACEITE U.H DEBOB LAC	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	MP_MEGADO DE MOTOR DEBOBIN_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Mens.
	INPS. DE MANGUERAS DEL DEBO DOBLE	ZPM3	Mecánico	15 días.

Elaborado por, Joannes F. 2019

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTTO	TÉCNICO	FREC.
------------	--------------------	---------------	---------	-------

Tabla 3-19. Planes actuales sub-sistema de empaquetadora

Elaborado por, Joannes F. 2019

EMPAQUETADORA	MP_INPS. MECÁNICA EMPAQUETADORA	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_MEGADO MOTORES EMPAQUETAD LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO TABLERO FUERZA EMPAQUET	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MATTO PALAS 1-2-3 EMPAQUE_LAC	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_LIMPIEZA DE SENSOR DE EMPAQUETADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTTO	TÉCNICO	FREC.
PERFILADORA DE FORMACIÓN Y CALIBRACIÓN	MP_VERIFICAR NIVEL ACEITE CONFORMADO_LAC	ZPM3	Mecánico	3 Días.
	MP_LIMPIEZA TABLERO CONFORMADO LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_REVISIÓN MOTOR CONFORMADO LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS DE TERMOGRAFÍA CAJAS	ZPM4	Predictivo	1 Diario
	MP_CAMBIO DE VÁLVULA CHECK	ZPM3	Mecánico	6 Mes.
	MP_INSPECCIÓN GENERAL CAJA DE TRAN. PRINCIPAL	ZPM3	Mecánico	3 Días.
	MP_LIMPIEZA DEL TANQUE DE LUBRICADOR	ZPM3	Mecánico	1 Sem.

Tabla 3-20. Planes modificados e implementados sub-sistema de empaquetado

Elaborado por, Joannes F. 2019

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
EMPAQUETADORA	MP_MANTTO TABLERO FUERZA EMPAQUETADORA	ZPM3	Eléctrico	3 Días.
	MP_MATTO PALAS 1-2-3 EMPAQUE_LAC	ZPM3	Mecánico	3 Días.
	MP_LIMPIEZA DE SENSOR DE EMPAQUETADORA_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Días.
	MP_REVISION DE FAJAS, CADENAS Y RODAJES	ZPM3	Mecánico	15 Días.
	MP_INSP. TERMOGRAFÍA DEL TABLERO ELÉCTRICO	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_REVISION DE ENZUNCHADORAS	ZPM3	Mecánico	1 Sem.

SUBSISTEMA	ORDENES DE TRABAJO	TIPO DE MTTO	TÉCNICO	FREC.
------------	--------------------	--------------	---------	-------

Tabla 3-21. Planes actuales sub-sistema zona de corte y Compresor

ZONA DE CORTE	MP_MEGADO MOTOR CARRO DE CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO CAJA REDUCT TRANSM_CARRO CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSPECCIÓN MECÁNICA CARRO DE CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSPECCIÓN ELÉCTRICA CARRO DE CORTE	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO SENSORES CARRO DE CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO DE TABLERO FUERZA CORTE_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO PISTONES MORZADAS CORTE_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_INSP CARBONES MOTOR CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_REVISAR ACOPLE MOTOR DC CARRO CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSP. SISTEMA DE ENCODER N°1_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.

	MP_INSP. SISTEMA DE ENCODER N°1 _LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
COMPRESOR ATLAS COPCO	MP_INSP. MECAN COMPRESOR ATLAS	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	INSP. ELECT COMPRESOR ATLAS	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.

Tabla 3-22. Planes modificados e implementados sub-sistema zona de corte y compresor

ZONA DE CORTE	MP_MEGADO MOTOR CARRO DE CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	15 Días.
	MP_MANTTO CAJA REDUCT TRANSM_CARRO CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSPECCIÓN MECÁNICA CARRO DE CORTE	ZPM3	Mecánico	3 Días.
	MP_INSPECCIÓN ELÉCTRICA CARRO DE CORTE	ZPM3	Eléctrico	3 Días.
	MP_MANTTO SENSORES CARRO DE CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Días.
	MP_MANTTO DE TABLERO FUERZA CORTE_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_MANTTO PISTONES MORZADAS CORTE_LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_INSPEC CARBONES MOTOR CORTE LAC	ZPM3	Eléctrico	15 Días.
	MP_REVISAR ACOPLA MOTOR DC CARRO DE CORTE	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	MP_INSP. SISTEMA DE ENCODER N°1 _LAC	ZPM3	Eléctrico	1 Mens.
	INSP. ANÁLISIS VIBRACIONAL MOTOR	ZPM4	Predictivo	1 Sem.
	MP_CAMBIO DE SERVO MOTOR	ZPM3	Eléctrico	6 Mes.
	MP_LIMPIEZA DEL TREN DE CABLES	ZPM3	Eléctrico	1 Mes.
	MP_LUBRICADOR DE SERVO MOTOR	ZPM3	Eléctrico	1 SEM.
	MP_CAMBIO DE RUEDA CARRO CORTE	ZPM3	Mecánico	6 Mes..
	MP_LIMPIEZA DE LAS BOQUILLAS DEL LUBRICADOR	ZPM3	Mecánico	1 Sem.

COMPRESOR ATLAS COPCO	MP_INSP. MECAN COMPRESOR ATLAS	ZPM3	Mecánico	1 Sem.
	INSP. ELECT COMPRESOR ATLAS	ZPM3	Eléctrico	1 Sem.
	MP_CAMBIO DE FILTROS	ZPM3	Mecánico	2000 Hrs
	MP_CAMBIO DE FILTROS, SEPARADOR Y ACEITE	ZPM3	Mecánico	4000 Hrs
	MP_CAMBIO DE FILTROS	ZPM3	Mecánico	6000 Hrs
	MP_CAMBIO FILTROS, SEPARADOR, ACEITE Y VÁLVULAS	ZPM3	Eléctrico	8000 Hrs

Elaborado por, Joannes F. 2019

Una vez analizado con jefatura respecto a la modificación e implementación de los planes de mantenimiento para una mejora. Dado la aprobación se cargara en SAP PM, para ello se realizará un Gantt con las posibles fechas.

Tabla 3-23. Gantt Fecha Prevista para Cargar el SAP PM

Elaborado por, Joannes F. 2019

3.5. RESULTADOS

Después de haber revisado a detalle, se hará un comparativo respecto a la actualidad

TUBOS LAC		dic-18		ene-19		
ETAPA	RESPONSABLE	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3
Carga de planes de mantenimiento SAP PM						
Revisión del plan en conjunto con el área de mantenimiento	COORDINADOR	■				
Carga de actividades en SAP	PLANNER			■		
Programación del Plan	PLANNER				■	
Rotulación de equipos	SUPER./Practicante					■

con los planes mejorados e implementados propuesto para su mejora. También se tomara en cuenta las 5S implementadas.

12

- **Resultados de la aplicación de las 5 S**

Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo, que tienen

implantado este sistema demuestra que aplicando las 3 primeras S:

- Reducción del 40% de sus costos de mantenimiento.

- Reducción del 70% del número de accidentes.
 - Crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo
 - Crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas
- **Horas de parada.-** En las tablas mostradas se observa que se encuentra una variación de reducción de horas de parada de 44.5 hrs, una vez mejorada e implementado los planes de mantenimiento, como la implementación de las 5s.

Tabla 3-24. Horas Actuales

MES	Suma de HORAS DE PARADA
ENERO	32.6
FEBRERO	29.8
ABRIL	15.8
MAYO	17.0
JUNIO	14.7
JULIO	18.5
AGOSTO	11.0
Total general	139.4

Tabla 3-25. Horas Futuras.

MES	Suma de Horas de Parada
ENERO	21.2
FEBRERO	19.5
ABRIL	10.9
MAYO	11.2
JUNIO	10.6
JULIO	11.3
AGOSTO	10.2
TOTAL	94.9

- **Costos.-** En las tablas mostradas se observa que se encuentra una varia de costo de S/. 100, 400.00 una vez mejorada e implementado los planes de mantenimiento, , como la implementación de las 5s

Tabla 3-26. Costos Actuales

MES	COSTO
ENERO	S/.36, 000.00
FEBRERO	S/.36, 500.00
ABRIL	S/.70, 600.00
MAYO	S/.38, 800.00
JUNIO	S/.41, 600.00
JULIO	S/.38, 800.00
AGOSTO	S/.38, 000.00
Total	S/.300,300.00

Tabla 3-27. Costos Futuros

MES	COSTO
ENERO	S/.28, 000.00
FEBRERO	S/.26, 200.00
ABRIL	S/.25, 200.00
MAYO	S/.29, 800.00
JUNIO	S/.31, 200.00
JULIO	S/.29, 300.00
AGOSTO	S/.30, 200.00
Total	S/.199,900.00

- **Disponibilidad.-** En las tablas mostradas se observa que se encuentra una variación de disponibilidad de 6.58 % y una variación de tiempo de operación de 208 hrs, una vez mejorada e implementado los planes de mantenimiento, como la implementación de las 5s

Tabla 3-28. Disponibilidad Actual

LAC						
MES	DISPONIBILIDAD	T. operacion	Nro. Fallas	Hr mes	MTBF	MTTR
ene-19	78.40%	118.300	36	32.6	3.3	0.9
feb-19	79.92%	118.400	25	29.8	4.7	1.2
abr-19	87.64%	112.100	35	15.8	3.2	0.5
may-19	88.71%	133.460	33	17.0	4.0	0.5
jun-19	90.11%	134.200	29	14.7	4.6	0.5
jul-19	86.97%	123.200	25	18.5	4.9	0.7
ago-19	91.90%	125.020	25	11.0	5.0	0.4
Total	86.26%	864.680	208.000	139.350	29.8	4.7

Elaborado por, Joannes F. 2019

Tabla 3-29. Disponibilidad Futura

LAC						
MES	DISPONIBILIDAD	T. operación	Nro. Fallas	Hr mes	MTBF	MTTR
ene-19	89.33%	154.300	23	21.2	7.7	0.9
feb-19	89.43%	143.400	16	19.5	10.3	1.2
abr-19	93.95%	147.100	21	10.9	8.1	0.5
may-19	94.47%	166.460	32	11.2	6.0	0.4
jun-19	94.65%	163.200	19	10.6	9.9	0.6
jul-19	93.78%	148.200	17	11.3	10.0	0.7
ago-19	94.42%	150.020	14	10.2	12.3	0.7
Total	92.84%	1072.680	142.000	94.900	64.3	5.0

Elaborado por, Joannes F. 2019

CONCLUSIONES

- Se han optado por optimizar los planes de mantenimiento de la empresa Pmp Holding (Precor S.A.) aplicando la metodología PMO (Optimización del mantenimiento Planificado)
- A inicios se investigó respecto a la metodología PMO, luego se revisó y analizo las actividades desde el actual programa de mantenimiento, lo cual permitió abarcar a profundidad un análisis, realizadas en la línea de producción LAC y por sus equipos, convirtiéndolo en un valor agregado para la buena gestión del área de mantenimiento.
- Se ha realizado el análisis de modos de falla y se ha realizado la evaluación respecto a las causas potenciales para analizar a detalle y mejorar e implementar los planes de mantenimiento respectivos.
- Se creado una cartilla de las 5s, para realizar un implemento de ello ya que como Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo, que tienen implantado este sistema demuestra que aplicando las 3 primeras S:
- Se han analizado los Costos, Horas de Parada, Número de Fallas, Horas al mes, MTBF, MTTR y la Disponibilidad, logrando mejorar esto, aplicando la metodología PMO, una vez aplicada se obtiene un ahorro de costo de de S/. 100, 400.00, una reducción de horas de parada de 44.5 Hrs, además de ello se obtuvo un aumento de 6.58 en disponibilidad de la línea de producción.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la optimización e implementación de las tareas del mantenimiento preventivo para prevenir las fallas encubiertas y así incrementar la disponibilidad.
- Luego de la aprobación de los nuevos planes de mantenimiento, el ingreso al SAP PM debería de ser de inmediato para empezar a trabajar en el área de mantenimiento.
- Se debería tener un control semestral a detalle de todos los planes de mantenimiento a mejor e implementar ingresado al SAP PM, para mejor con los indicadores de mantenimiento
- Se recomienda la implementación de las 5S, para realizar todas las actividades de trabajo en la línea de producción, taller, almacén de mantenimiento y en sus cajas de herramientas.
- Se debería aplicar la misma metodología a las demás a las demás líneas de producción.
- Después de imprimir y repartir el encargado de los planes de mantenimiento, debe controlar las actividades ejecutadas y pendientes garantizando el trabajo realizado para su reprogramación.

BIBLIOGRAFÍA

- Furlanetto, L. (2005). Manual de gestion de activos y mantenimiento. (Primera edición ed.). Chile: RIL Editores .
- Kardek, A., & Nascif, J. (2002). Mantenimiento, Funcion Estrategica. Rio de janeiro, Brasil.
- Knezevic, J. (1996). Mantenimiento (Primera ed.). España : Isdefe.
- Mora, A. (2007). Mantenimiento Estratégico para Empresas industriales o de Servicios (Segunda ed.). Colombia : AWG-ISBN: 958-33-8218-3.
- Moubray, J. (1998). MAntenimiento Centrado en la Confiabilidad. Reliability-Centred Maintenance.
- O'connor, P. (1989). Practical Reliability Engineering. New York: John Wiley & Sons.
- Palencia. (2007). Optimizacion Real del Plan de Mantenimiento. Bogota.
- Rey Sacristan, F. (1996). Hacia la EXcelencia en mantenimiento. España: TGO Hoshin S.L.
- Sierra, G. (2004). Programa de Mantenimiento Preventivo para la empresa Metalmeccanica Industrias AVM S.A. Universidad Industrial de Santander Facultad de ingenierias Fisico - Mecánica, Bucaramanga, Colombia .
- Turner, S. (2009). PM Optimization Programs Maintenance. OMCS.
- Valderrama, M. (2010). Optimizacioón del Plan de Mantenimiento (PMO). Colombia : OMCS.
- TECSUP (2001). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

CEINMANT (2019). Mantenimiento - Confiabilidad

Ramos, J (2017). Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal Drill S.AC.

Aguiar G, L. J. A. (2014). Análisis de Modos y Efectos de Falla para Mejorar la Disponibilidad Operacional en la línea de Producción de Gaseosas no. 3. Bogota. Universidad libre de Colombia Facultad de Ingeniería Departamento Ingeniería Mecánica.

Jesús G. (2013) "Mejorar actividades del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de bajo perfil de la U.M MILPO IESA S.A." (Tesis de Pre Grado). Universidad Nacional del Centro Del Perú. Huancayo, Perú.

Villacís B.Milton E. (2017) "Optimización del Mantenimiento Planificado (pmo) de la Central de Generación Eléctrica Cuyabeno bloque 58" Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Gamarra V. F. (2009) "Mejora del Sistema de Mantenimiento de la Maquinaria en una Empresa Constructora" Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica Perú, Lima.

ANEXOS

ANEXO A. Imágenes de las 5`S

Planta este



Depósito de mantenimiento rotulado



Planta oeste



ANEXO B. Imagen programa de mantenimiento compresor

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
	COMPRESORA : ATLAS CAPCO GA37PLUS					
	MODELO: GA37PLUS			AV. NICOLAS DUEÑAS 559		
	SERIE: API513006					
		18/05/2019 33559 Hrs	27/08/2019 34559 Hrs	05/10/2019 35559 Hrs	14/12/2019 37559 Hrs	2/05/2020 41559 Hrs
ITEMS	REPUESTOS	8000HRS	1000HRS	2000HRS	4000HRS	8000HRS
1	FILTRO DE AIRE	C	C	C	C	C
2	FILTRO DE ACEITE	C		C	C	C
3	SEPARADOR DE ACEITE	C		C	C	C
4	ACEITE ROTO INJECT FLUID 20L	C			C	C
5	VALVULA DE DESCARGA	C				C
6	VALVULA DE OILSTOP/CHECK	C				C
7	VALVULA MINIMA PRESION	C				C
8	VALVULA TERMOSTATICA	C				C
10	KIT MODEM ATLAS COPCO MK4	NUEVO				
11	SERVICIO DE LAVADO INTERNO DEL ENFRIADOR	M				M

LEYENDA	
C	CAMBIO
M	MANTTO
	EJECUTADO
	PENDIENTE

Elaborado por, Joannes F. 2019

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN LAC BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO EN LA CIUDAD DE LIMA

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	9%
2	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repository.eafit.edu.co Fuente de Internet	1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	bscolombia.com.co Fuente de Internet	1%
8	1library.co Fuente de Internet	1%

9	edoc.pub Fuente de Internet	1 %
10	easymaint.wordpress.com Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
13	fr.scribd.com Fuente de Internet	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN LAC BASADO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANEADO EN LA CIUDAD DE LIMA

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

COMENTARIOS GENERALES

/100

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

PÁGINA 22

PÁGINA 23

PÁGINA 24

PÁGINA 25

PÁGINA 26

PÁGINA 27

PÁGINA 28

PÁGINA 29

PÁGINA 30

PÁGINA 31

PÁGINA 32

PÁGINA 33

PÁGINA 34

PÁGINA 35

PÁGINA 36

PÁGINA 37

PÁGINA 38

PÁGINA 39

PÁGINA 40

PÁGINA 41

PÁGINA 42

PÁGINA 43

PÁGINA 44

PÁGINA 45

PÁGINA 46

PÁGINA 47

PÁGINA 48

PÁGINA 49

PÁGINA 50

PÁGINA 51

PÁGINA 52

PÁGINA 53

PÁGINA 54

PÁGINA 55

PÁGINA 56

PÁGINA 57

PÁGINA 58

PÁGINA 59

PÁGINA 60

PÁGINA 61

PÁGINA 62

PÁGINA 63

PÁGINA 64

PÁGINA 65

PÁGINA 66

PÁGINA 67

PÁGINA 68

PÁGINA 69

PÁGINA 70

PÁGINA 71

PÁGINA 72

PÁGINA 73

PÁGINA 74

PÁGINA 75

PÁGINA 76

PÁGINA 77

PÁGINA 78

PÁGINA 79

PÁGINA 80

PÁGINA 81

PÁGINA 82

PÁGINA 83

PÁGINA 84

PÁGINA 85

PÁGINA 86

PÁGINA 87

PÁGINA 88

PÁGINA 89

PÁGINA 90

PÁGINA 91

PÁGINA 92
