

# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA  
DE LA LÍNEA FABRICACIÓN DE CARTÓN  
CORRUGADO EN LA EMPRESA PK  
SOLUCIONES.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autores:**

Pablo Eloy Herrera Albino

Percy Rojas Romani

**Asesor:**

Mg. Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez

<https://orcid.org/0000-0002-1289-1221>

Lima - Perú

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, a mi familia por su constante apoyo en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a nuestros maestros por las enseñanzas en estos años de preparación, a nuestro asesor y a nuestra familia por apoyarnos día a día.

Agradezco a la ing. Maria Laban Salguero, por su tiempo, dedicación y compromiso para con sus estudiantes, siempre pensando en el progreso y bienestar del alumno y de la sociedad.

A la Universidad Privada del Norte por abrirme las puertas en estos años de estudio y superación llenos de aprendizaje y experiencias académicas que nunca olvidare.

A la empresa PK soluciones por brindarnos el apoyo con la información para el desarrollo de la investigación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
○ 1.1 Antecedentes de la empresa .....	13
▪ 1.1.1 Misión.....	14
▪ 1.1.2 Visión.....	14
▪ 1.1.3 Valores.....	15
▪ 1.1.4 Pilares estratégicos .....	16
▪ 1.1.5 Competidores .....	16
▪ 1.1.6 Clientes .....	16
▪ 1.1.7 Estructura organizacional .....	17
▪ 1.1.8 Estructura organizacional de cuadrilla de trabajo en campo .....	17
▪ 1.1.9 Actividades especializadas .....	18
○ 1.2 Realidad problemática .....	18
▪ 1.2.1 Formulación del problema.....	20
▪ 1.2.2 Problemas específicos .....	20
▪ 1.2.3 Justificación .....	20
○ 1.3 Formulación de objetivos .....	21
▪ 1.3.1 Objetivo general .....	21
▪ 1.3.2 Objetivo específico .....	21
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
○ 2.1 Antecedentes de trabajos de investigación .....	22
▪ 2.1.1 Nacionales .....	22
▪ 2.1.2. Internacionales .....	28
○ 2.2. Bases teóricas .....	32
○ 2.3. Mantenimiento preventivo (industria manufacturera).....	33
▪ 2.3.1. Conceptos.....	33
▪ 2.3.2 Tipos.....	35
▪ 2.3.3 Buenas prácticas Operativas.....	40
▪ 2.3.4. Clasificación de repuestos .....	48
○ 2.4. Disponibilidad operativa.....	56

▪	2.4.1. <i>Conceptos</i> .....	56
▪	2.4.2. <i>Importancia y aplicación</i> .....	57
▪	2.4.3. <i>Como se calcula</i> .....	59
○	2.5. Métodos para el mantenimiento preventivo en la industria de cartón.....	63
▪	2.5.1. <i>Lubricación</i> .....	63
▪	2.5.2. <i>Análisis vibracional</i> .....	68
▪	2.5.3. <i>Toma de temperatura</i> .....	74
	2.6. Industria de cartón corrugado.....	76
▪	2.6.1. <i>Proceso productivo de las cajas de cartón corrugado</i> .....	78
▪	2.6.2. <i>Características de las cajas de cartón corrugado</i> .....	80
▪	2.6.3 <i>Metodologías y herramientas</i> .....	82
○	2.7 Glosario de términos.....	86
	<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA.....</b>	<b>89</b>
○	3.1. Diagnostico situacional.....	89
▪	3.1.1 <i>Situaciones actuales de la corrugadora</i> .....	90
▪	3.1.2 <i>Recopilación de la lluvia de ideas</i> .....	93
▪	3.1.3. <i>Análisis y caracterización del proceso actual.</i> .....	96
▪	3.2.4. <i>Plan de mantenimiento actual de la línea de corrugador</i> .....	96
○	3.2. Análisis de indicadores de fallas actuales.....	99
○	3.3. Determinación de la brecha .....	102
○	3.4. Determinación de la problemática y causas raíz.....	103
○	3.5. Determinación de la propuesta de solución .....	105
○	3.6. Evaluación y selección de la propuesta de solución .....	106
○	3.7. Entrevistas a expertos profesionales del mantenimiento industrial de papel.....	108
▪	3.7.1. <i>Entrevista N°1</i> .....	108
▪	3.7.2. <i>Entrevista N°2</i> .....	110
	<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>112</b>
○	4.1. Desarrollo de la mejora (Implemento mejora) .....	112
▪	4.1.1. <i>Planificación del proyecto de mejora</i> .....	112
▪	4.1.2. <i>Desarrollo de la mejora</i> .....	112
○	4.2. Flujograma mejorado del proceso de mantenimiento preventivo.....	114
○	4.3. Elaborar programación del servicio de mantenimiento .....	116
○	4.5. Análisis de indicadores mejorados .....	123
○	4.6. Realización de las actividades de mejora – Plan de acción.....	126
○	4.7. Implantación de buenas prácticas de mantenimiento para líneas de fabricación de cartón corrugado.....	127
▪	4.7.1. <i>check list elaborados de componentes críticos</i> .....	127
▪	4.7.2 <i>Procedimiento elaborados de componentes críticos</i> .....	131
○	4.8. Evaluación de la implementación (Comparativo- Antes y después).....	138
	<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES .....</b>	<b>142</b>

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

○	5.1. CONCLUSIONES .....	142
○	5.2. RECOMENDACIONES .....	144
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>145</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>146</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades del mantenimiento línea de la corrugadora actual.....	99
Tabla 2. Determinación de la Brecha .....	103
Tabla 3. Datos de la disponibilidad actual de las máquinas .....	143
Tabla 4. Datos de la disponibilidad Operativa mejorado de Las maquinas. ....	144

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de PK Soluciones S.A.C .....	13
Figura 2. Estructura Organizacional de la Empresa PK Soluciones S.A.C .....	17
Figura 3. Organización por cuadrilla en la Empresa PK Soluciones S.A.C .....	17
Figura 4. Bases Teóricas .....	32
Figura 5. Estrategia de Confiabilidad Operacional .....	41
Figura 6. Análisis de criticidad de equipo .....	46
Figura 7. Diagrama de selección de repuesto .....	52
Figura 8. Lubricación solida o limite.....	65
Figura 9. Análisis de tipo forma de onda por periodo .....	70
Figura 10. Diagrama de un Motor de Inducción.....	71.
Figura 11. Gráfico de Tendencia total .....	72
Figura 12. Desbalance de masa .....	73
Figura 13. Deslizamiento de eje horizontales .....	73
Figura 14. Desarrollo de Falta de Rodamiento .....	74
Figura 15. Equipos de Medición Termografica.....	76
Figura 16. Proceso Productiva de costal corrugadora .....	78
Figura 17. Imagen de la línea de corrugadora .....	79
Figura 18. Tipos de envases de cartón de los productos terminados .....	81
Figura 19. Diseño de envases de cartón .....	82



Figura 20. Foto general de la línea corrugadora .....	89
Figura 21. Desgaste de rodillo corrugador .....	90
Figura 22. Desgastes de rodillo anilox dosificador .....	90
Figura 23. Desgastes de crucetas .....	91
Figura 24. Desgastes mesa de secado polines .....	91
Figura 25. Foto actual de eje y chumaceras .....	92
Figura 26. Foto actual de rodamiento de rodillo .....	92
Figura 27. Priorización de problemas .....	94
Figura 28. Grafico de causas priorizadas .....	95
Figura 29. Flujograma actual del proceso de mantenimiento .....	96
Figura 30. Cuadro de fallas mes de Enero .....	99
Figura 31. Cuadro de falla mes de Febrero .....	100
Figura 32. Cuadro de falla mes de Marzo .....	101
Figura 33. Diagrama Pareto cuadro de fallas .....	102
Figura 34. Diagrama de Ishikawa determinación de problemas .....	104
Figura 35. Detalle de fallas priorizadas .....	105
Figura 36. Resumen de fallas priorizados .....	106
Figura 37. Matriz de ponderación .....	108
Figura 38. Entrevista M1 .....	110
Figura 39. Entrevista M2 .....	111
Figura. 40. Diagrama de flujograma mejorado .....	116

Figura 41. Programación de servicio de mantenimiento .....	117
Figura 42. Cuadro de índice mejorado mes Enero.....	124
Figura 43. Cuadro de índice mejorado mes febrero.....	125
Figura 44. Cuadro de índice mejorado mes Marzo.....	126
Figura 45. Orden de trabajo de la empresa PK Soluciones .....	127
Figura 46. Check lista de inspección cabezal c.....	129
Figura 47. Check lista de inspección que machine .....	130
Figura 48. Check lista de inspección mesa de secado .....	131
Figura 49. Procedimiento de mantenimiento cut off .....	133
Figura 50. Procedimientos de limpieza de tableros eléctricos.....	136
Figura 51. Datos estadísticos actuales de producción .....	139
Figura 52. Datos estadísticos mejorados de la producción .....	139
Figura 53. Evaluación Económica financiera.....	142

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En la elaboración de nuestro trabajo el objetivo general es proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa de fabricación de envases de cartón tomando como punto de principal se determinó que la empresa en mención no cuenta con un planteamiento sistemático y técnico de programa preventivo en las maquina esto afecta la disponibilidad que se requiere para la productividad, por lo tanto PK SOLUCIONES S.A.C propone un planteamiento preventivo para implantar un programa de mantenimiento y también reducir las fallas que se presentan en los equipos de la línea corrugadora de papel y mejorar la disponibilidad de los equipos.

Para poder lograr los objetivos planteados se analizó, y se realizó un estudio de los posibles cambios primero en las actividades de programación de plan de mantenimiento se hizo el estudio en tiempo promedio de seis meses para su elaboración y además de un seguimiento donde se planteó el desarrollo en la planta de la empresa.

Los resultados que se lograron fue la disponibilidad de la máquina de la línea de cartón en un 12 a 15 puntos porcentuales más que la anterior gestión en la disponibilidad de los equipos.

Aumento en el volumen de fabricación de 12 % más de metros lineales en la línea de producción en planchas de cartón corrugado.

Cambios en el planeamiento de los procedimientos de eficiencia en los equipos y sumados por programas regulares de tiempo en la medición de los equipos.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

PK SOLUCIONES, nace con la iniciativa de crear unas de las primeras empresas en desarrollar modelos de soluciones en general, basado en algoritmos de Predicción. Desarrollamos modelos de control predictivo para optimizar todo tipo de procesos industriales. Nuestras soluciones además abarcan todo tipo de procesos en general, desde simples procesos en lotes a complejos sistema en tiempo real. Utilizamos las herramientas de punta para desarrollar soluciones en mantenimiento industrial.

En este caso el trabajo está enfocado en nuestro cliente de fábrica de envases de cartón y tomamos la línea de corrugadora, porque en este equipo es el que mayor rango de criticidad tiene y los factores determinate para el proceso de producción en la línea de corrugado, se hizo un análisis y durante estos últimos años la empresa de fabricación de envases de cartón no cuenta con una implementación y estrategia de un mantenimiento preventivo de la línea de corrugado de cartón. Por lo tanto, se desea implementar una Propuesta de Mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea fabricación de cartón corrugado, señalando en cada nivel la urgencia de una intervención para mejorar la disponibilidad de la máquina, con la finalidad mejorar y aumentar la producción de la empresa y también ser la más competitivo en la industria del envase de cartón.

○ **1.1 Antecedentes de la empresa**

La empresa PK SOLUCIONES S.A.C. está ubicada en Jr. Santa rosa Mz, G, Lote. 03 Pblo Colquijirca (a espaldas del colegio virgen del Carmen), distrito de tinyahuarco, Pasco Perú.



*Figura N° 1. Ubicación geográfica de PK soluciones (oficina central).  
Fuente: Google Maps*

Así mismo cuenta con una oficina en la ciudad de Lima ubicado en distrito de San Miguel, av. Costanera 2018.

PK solución en una empresa peruana fundada en 2017, hoy con 5 años cuenta con una división especializada en mantenimiento de equipos mineros e industriales, Metalmecánica realizándola ingeniería, fabricación y montaje de estructuras metálicas y piezas especiales, atendiendo diversos sectores industriales como: industria Papeleras, Minería, Energía, Petróleo, Gas, Pesca, Cemento industria y Agroindustria.

Estamos comprometidos con satisfacer los requerimientos de nuestros clientes para lo cual contamos con el respaldo técnico y la experiencia de un excelente equipo de profesionales capacitados, con un elevado nivel tecnológico; desarrollando sus actividades con altos estándares de calidad, seguridad y salud ocupacional.

PK soluciones cuenta en el Departamento de cerro de pasco, con un área de 3000 m<sup>2</sup>, distribuidos en tres unidades de negocio: servicio mantenimiento de plantas mineras e industriales, fabricación de estructuras metálicas y maestranza.

- **1.1.1 Misión**

Somos una empresa que brinda el mejor servicio de ingeniería, construcción y soluciones integrales, enfocada en redefinir el futuro, por medio de creaciones innovadoras respaldada por datos, que garantizan una excelente infraestructura tecnológica en los servicios a nuestros clientes, orientados hacia el aseguramiento de la calidad y generar valor para sus accionistas, clientes, colaboradores y socios de negocio.

Entregar soluciones de excelencia e innovadoras que contribuyen al crecimiento y desarrollo sostenible de nuestro grupo de interés, (PK SOLUCIONES S.A.C).

- **1.1.2 Visión**

Ser reconocidos a nivel nacional como un modelo de gestión exitoso, que usa conocimientos para cambiar el mundo al crear, probar y aplicar ingeniería innovadora de forma efectiva y sostenible, en la prestación de servicios de ingeniería y dirección de proyectos; asegurando el bienestar de nuestros colaboradores y socios de negocio, manteniendo costos

competitivos, ofreciendo productos de alta calidad, alcanzando los más altos estándares de seguridad y medio ambiente.

Ser reconocidos por contribuir al éxito de nuestros clientes generando valor de largo plazo, (PK SOLUCIONES S.A.C).

- **1.1.3 Valores**

- **Salud y Seguridad**

- Entendemos que en la organización la salud y seguridad está en la integridad física, emocional del colaborador y cuidado de los activos de la empresa son fundamentales en la compañía.

- **Innovación**

- Impulsar nuevos modelos de negocio, ofrecer nuevos servicios.

- **Colaboración**

- Entendemos que en nuestra organización el todo es mayor que la suma de las partes.

- **Confianza**

- Brindamos la seguridad respecto a la capacidad de ejecutar los servicios.

- **Responsabilidad**

- Con nuestros colaboradores, la comunidad y el medio ambiente.

- **Conducta ética**

- Integridad, honestidad, compromiso y responsabilidad, (PK SOLUCIONES S.A.C)

▪ **1.1.4 Pilares estratégicos**

- Nuestra gente
- Tecnología
- Crecimiento, rentable y sostenible
- cliente

▪ **1.1.5 Competidores**

Los principales competidores de PK SOLUCIONES S.A.C son:

- Tappi-Perú E.I.R.L
- JR Servicios de Mantenimiento general S.A.C
- T & D Mantenimiento y montaje S.A.C
- JRC Ingeniería y construcción S.A.C
- Esermin Perú S.A.C

▪ **1.1.6 Clientes**

- Protisa S.A.C
- Trupal S.A.C
- Carvinsa S.A.C
- Buenaventura
- Cerro lindo
- Volcán
- Ipsa industria de papel S.A.A
- Compañía minera condestable S.A
- Aurex s.a.



➤ Compañía minera Milpo s.a.

▪ **1.1.7 Estructura organizacional**

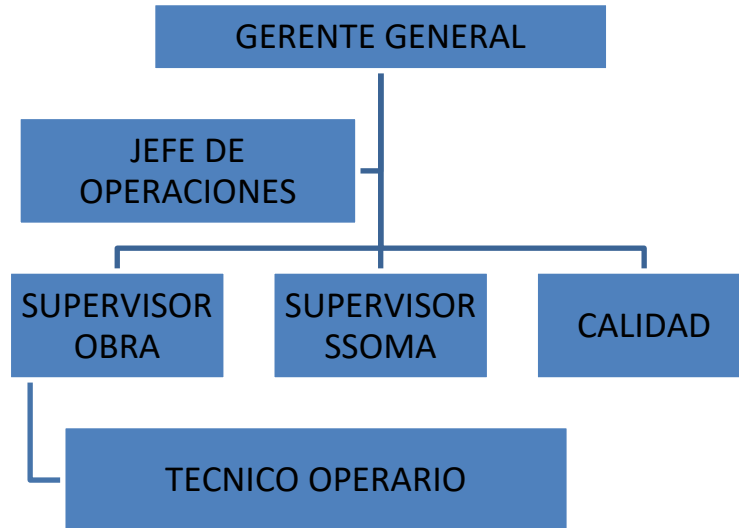


Figura N° 2. Estructura organizacional de la empresa PK SOLUCIONES.  
Fuente: Informe anual 2022 PK SOLUCIONES S.A.C

▪ **1.1.8 Estructura organizacional de cuadrilla de trabajo en campo**

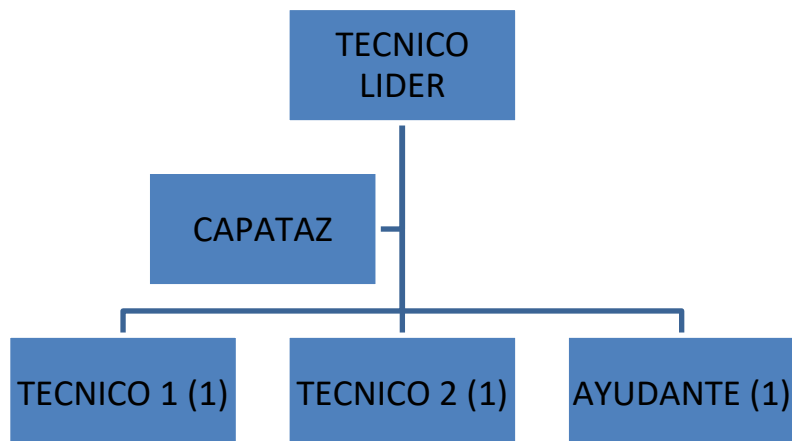


Figura N° 3. Organización por cuadrilla en la empresa PK SOLUCIONES.

Fuente: Informe anual 2022 PK SOLUCIONES S.A.C

- **1.1.9 Actividades especializadas**

- **Servicio de mantenimiento**

- Brinda mantenimiento a equipos mineros, industriales y papelería de manteniendo un estándar de calidad y seguridad, antes, durante y posterior a la ejecución de servicio.

- **Fabricación de estructuras metálicas**

- Logrando soluciones de gran envergadura, cumpliendo con los más altos estándares de calidad.

- **Maestranza**

- Fabricación y reparación de todo tipo piezas mecánicas y/o repuestos para la industrias y minería, de acuerdo con los requerimientos de nuestros clientes.

- **1.2 Realidad problemática**

Apostando por el consumo humano como parte de la necesidad y la demanda en el mercado de envases de cartón.

Siendo afectado la competitividad de la empresa, debido a la cantidad de productos no conformes que ocasionaron perdidas de clientes y mermando la imagen de la empresa.

En los últimos años el número de consumidores de envases de cartón está creciendo y apostando por el consumo humano, como parte de la necesidad y la demanda esto representa cambios significativos en el comportamiento en el mercado de envases de cartón.

La empresa quiere ejecutar en la planta a una producción continua los 365 días del año y alcanzar como objetivo duplicar su negocio el 2022 y seguir mejorando su prestigio en la industria del cartón.

Para lograr su crecimiento sostenible, la empresa tiene una línea de corrugado ,el cual abastece las planchas de cartón a 3 máquinas de productos terminados a las impresoras Xintian, Aote y JS para ello si se desea que la productividad mejore para obtener materia prima constante en la línea de producción de la maquina corrugado, esta debe ser confiables y permanente en su operatividad , de tal manera que la ineficiencia de la máquina , el periodo y el tiempo perdido por desperfectos , las averías con llevan a que la producción no alcance lo deseado, paradas intempestivas no programas de al menos 5 horas de línea productiva inoperativa. La frecuencia en el último trimestre es de al menos 2 paradas por semana y algunas veces hasta 3.

Por todo ello para incrementar y establecer las unidades productivas y operativas de trabajo es necesario que se garanticen la productividad, mantenimiento, calidad, seguridad de la línea de corrugado, por ello es importante desarrollar en la maquina corrugado una estrategia de mantenimiento para incrementar la confiabilidad y disponibilidad. esto nos dará una reducción a los problemas de retraso, una mala producción y calidad de las planchas de cartón, los tiempos de demora por fallas de la máquina, y por consecuencia la devolución o rechazo del producto por parte de los clientes perjudica el prestigio, pérdida de clientes, y costos de la empresa.

Siendo afectado la competitividad de la empresa, debido a la cantidad de productos no conformes que ocasionaron perdidas de clientes y perjudicando la imagen de la empresa.

- **1.2.1 Formulación del problema**

¿Cómo la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES?

- **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cuál es la gestión del servicio de mantenimiento en la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES?

¿Cuál es la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado del servicio de mantenimiento de la empresa PK SOLUCIONES?

¿Cuál es la situación de las fallas y/o paradas de los componentes principales de la línea de fabricación de cartón corrugado, del servicio de mantenimiento de la empresa PK SOLUCIONES?

- **1.2.3 Justificación**

Lo que manifiesta Palencia et al (2012), A nivel mundial el día a día se otorga mayor atención a las actividades de estímulo a la economía y el crecimiento organizacional de los países en desarrollo y unos del os requisitos que nos indica el autor de este libro es establecer un servicio sistemático y técnico de mantenimiento eficiente, eficaz, seguro y de los activos industriales (p.16)

Esto nos da a conocer los principios fundamentales de la gestión moderna del, mantenimiento industrial y como la propuesta ala que proponemos en esta actividad se justifica para desarrollar el trabajo y brindar a la empresa de fabricación de envases

de cartón las mejoras de un, mantenimiento preventivo para establecer una mayor producción de la industria cartonera.

○ **1.3 Formulación de objetivos**

▪ **1.3.1 Objetivo general**

Incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado, a través de la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo en la empresa PK SOLUCIONES.

▪ **1.3.2 Objetivo específico**

- Mejorar la gestión del servicio de mantenimiento en la línea de fabricación de cartón corrugado, de la empresa PK SOLUCIONES
- Incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado del servicio de mantenimiento, en la empresa PK SOLUCIONES
- Reducir las fallas y/o paradas de los componentes principales de la línea de fabricación de cartón corrugado, del servicio de mantenimiento de la empresa PK SOLUCIONES

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Las empresas actualmente necesitan ser más competitivos y productivos debido al avance de la tecnología y la mejora continua de los competidores, en la actualidad la forma de realizar mantenimientos a los equipos está siendo muy valorado ya que la productividad de una maquina depende del correcto funcionamiento evitando paradas inesperadas y en consecuencia bajar la productividad y la disminución de rentabilidad de la empresa.

La información de la empresa es restringida en algunos casos es de confidencialidad, la búsqueda de datos ha sido muy lento debido a la poca información brindada.

- **2.1 Antecedentes de trabajos de investigación**
- **2.1.1 Nacionales**

Lujan Muñoa, J.C. (2020). La investigación llamada “Aplicación del Mantenimiento Preventivo para mejorar la productividad de la Empresa EMCAPSAC, Lurín 2020”, tiene como rubro la producción de cajas de cartón, donde las máquinas son vitales dentro del proceso de producción, por eso deben de estar operativas y tener la mínima cantidad de fallas. El objetivo principal es mejorar la productividad de la empresa, en términos de eficiencia, medida en el uso de horas máquinas, y eficacia, medida en el uso efectivo de la materia prima, para lograrlo, se realizará mediante la implementación del mantenimiento preventivo. El estudio se realizó para la máquina corrugadora, durante 30 días para el pre-test y 30 días para el post test. Luego estos datos se analizaron con el paquete de datos estadístico SPSS, el cual permitió demostrar que la productividad se incrementó de 65% a 79%, esto se sostuvo en el

incremento de la eficiencia de 80% a 89% y el incremento de la eficacia de 81% a 89%, logrando que la empresa pueda ser competitiva en el mercado.

Para lograr la eficiencia e incrementar la productividad en la fabricación de catón en la empresa EMCAPSAC, se realiza una prueba de pre-tes durante 30 días para luego analizar el resultado de la prueba. De acuerdo con el análisis y la mejora del mantenimiento preventivo realizado la empresa incrementa su productividad en un 14% y con una eficiencia de 9%, estos resultados convienen a la empresa a aplicar la realiza.

Iparraquirre Zelada, H.A. (2018). El estudio de paradas de máquina para determinar su disponibilidad actual; identificar las máquinas con mayor impacto en las paradas por fallas, identificar las faltas de control que provocan las fallas, plantear un Plan de Mantenimiento Preventivo que se adapte a los problemas actuales y hacer una estimación de la posible mejora. Tomando como información los “Reporte Diarios de Mantenimiento” se tabulan los tiempos de parada de máquina en horas, cantidad de fallas en unidades, faltas de control a través de una tabla de fallas, elaborando tablas y cuadros estadísticos que reflejan el estado actual de las máquinas, utilizando métodos cuantitativos de carácter descriptivo.

Según los resultados se tienen una disponibilidad actual de 90%, se identifican seis equipos que representan el 38% de los tiempos de parada totales, tres Causas que representan el 79% del total de las paradas de máquina. En función a los resultados se identifica tres faltas de control que representan el mayor tiempo de paradas de máquina, para disminuir este tiempo se elabora un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en éstos tres aspectos, Plan de Lubricación, Plan de Cambio de Repuestos y

Plan de Inspección. Luego se elabora una medición del impacto que se podría obtener a través de su implantación. Con esta implementación se plantea elevar a disponibilidad total de máquinas a 93%, con la disminución del 75% de las paradas provocadas por las seis máquinas identificadas en el estudio de tiempos. Por último, se hace una encuesta con el personal que dirige la Producción para determinar su expectativa con relación a la mejora que se puede alcanzar con este planteamiento, lo cual nos indica que la expectativa es que la disponibilidad de máquinas puede llegar hasta el 92%.

La elaboración de este proyecto se ejecuta a través de reporte diario de mantenimiento de paradas de máquinas en horas, se identifican tres factores principales de la falla en la línea de producción, falta de plan de inspección, plan de repuestos y plan de lubricación. Con la implementación de la mejora del mantenimiento preventivo disminuye las paradas de maquinas y aumenta la disponibilidad de estas.

Alvares B.J. (1990). El presente proyecto comprende los aspectos generales referidos a la descripción de la fábrica, maquinaria que dispone la materia prima que utiliza para la fabricación de papel. Se hace un diagnóstico del mantenimiento aplicado y se describe los problemas que tienen actualmente. También, se plantea el diseño del mantenimiento propuesto, referidos a políticas y formas de como el departamento de mantenimiento debe desempeñar sus labores. Asimismo, se hace referencia de técnicas de mantenimiento que se deben realizar en las máquinas, equipos, sistemas y accesorios más importantes de la fábrica. Se hace un análisis de costos referidos al departamento de mantenimiento, los que están relacionados con los tiempos óptimos



de mantenimiento, tiempo medio entre fallas. Asimismo, se determina la rentabilidad de operación de las máquinas.

El proyecto propone un planteamiento de como el departamento de mantenimiento puede tener mejoras en sus labores y ser más rentable con la disminución de paradas, fallas en las máquinas para ello proponen realizar políticas y formas para que el departamento de mantenimiento pueda ser más eficiente.

García Quin, E. (2018). El presente trabajo de investigación busca incrementar la productividad de la fabricación de esquineros de papel de la empresa Trupal reduciendo las paradas innecesarias de la máquina implementando el Mantenimiento Preventivo. Después de la implementación se compararon y analizaron los datos de la productividad, eficiencia y eficacia. La productividad antes de la implementación del Mantenimiento Preventivo tiene un valor de 60.46% y después de la implementación tiene un valor de 76.15% entonces la productividad se incrementó en 25.95%. La Eficiencia antes de la implementación del Mantenimiento Preventivo tiene un valor de 82.90% y después de la implementación tiene un valor de 91.32% entonces la Eficiencia se incrementó en 10.15%. La Eficacia antes de la implementación del Mantenimiento Preventivo tiene un valor de 71.06% y después de la implementación tiene un valor de 82.95% entonces la eficacia se incrementó en 16.74%.

El proyecto en la empresa Trupal, busca incrementar la productividad en la fabricación de esquineros de papel, para ello plantean una implementación de mantenimiento preventivo, con un incremento en la eficiencia de 10.15%, la importancia de realizar un estudio y su implantación mejora la productividad y rentabilidad del negocio.

Torres Rojas, J. (2018). El objetivo de este trabajo fue reducir los costos de mantenimiento en el Área Planta Celulosa 8 de Trupal SA Mediante la propuesta de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo. En primer lugar, se realizó un diagnóstico de costos en el área de Planta de Celulosa y se determinó que sus costos de operación eran muy altos, debido a sus altos costos por mantenimiento correctivo. En el periodo 2014 se tuvo un costo de mantenimiento de S/ 1,193,276, el 2015 de S/ 1,661,871 y en el 2016 de S/ 2,213,977, gastos que se incrementan anualmente, el tiempo perdido por no tener un programa de mantenimiento preventivo es de 452.61 horas en el 2016 por lo cual Planta Celulosa dejó de vender a su cliente interno la MP7 por un valor de S/ 2,091,058.20 en este período. Luego de identificar los problemas a través del diagnóstico del área de Planta de Celulosa y tomando en cuenta los problemas de dicha área. Se procede a priorizar las causas raíz utilizando el diagrama de Ishikawa, continuando con un diagrama de Pareto para determinar las causas raíz a desarrollar, basándonos en herramientas Lean como parte de la solución a estos problemas. Finalmente, con la información obtenida y analizada, se procederá a elaborar el análisis de resultados y conclusión del presente trabajo, denominado: “Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento preventivo, para la reducción de costos de mantenimiento aplicado en la Planta de Celulosa 8 en Los Empresa Trupal S.A., una propuesta que pretende reducir los costos de mantenimiento y por ende los costos de operación de la Planta de Celulosa 8 lo cual se verá reflejado en el VAN, TIR y B/C. Con esto se concluirá si esta propuesta de implementación es factible y a su vez rentable para la empresa Trupal S.A. continuando con un diagrama de Pareto para determinar las causas raíz a desarrollar, basándose en herramientas Lean

como parte de la solución a estos problemas. Finalmente, con la información obtenida y analizada, se procederá a elaborar el análisis de resultados y conclusión del presente trabajo, denominado: “Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento preventivo, para la reducción de costos de mantenimiento aplicado en la Planta de Celulosa 8 en Los Empresa Trupal S.A., una propuesta que pretende reducir los costos de mantenimiento y por ende los costos de operación de la Planta de Celulosa 8 lo cual se verá reflejado en el VAN, TIR y B/C. Con esto se concluirá si esta propuesta de implementación es factible y a su vez rentable para la empresa Trupal S.A. continuando con un diagrama de Pareto para determinar las causas raíz a desarrollar, basándose en herramientas Lean como parte de la solución a estos problemas. Finalmente, con la información obtenida y analizada, se procederá a elaborar el análisis de resultados y conclusión del presente trabajo, denominado: “Propuesta de implementación de un programa de mantenimiento preventivo, para la reducción de costos de mantenimiento aplicado en la Planta de Celulosa 8 en Los Empresa Trupal S.A., una propuesta que pretende reducir los costos de mantenimiento y por ende los costos de operación de la Planta de Celulosa 8 lo cual se verá reflejado en el VAN, TIR y B/C. Con esto se concluirá si esta propuesta de implementación es factible y a su vez rentable para la empresa Trupal S.A.

La propuesta de implementación de un programa de mantenimiento en la Planta de Celulosa 8 en Los Empresa Trupal S.A., reducir los costos de mantenimiento y en consecuencia los costos de operación de la Planta de Celulosa 8, lo cual se verá reflejado en la rentabilidad de la empresa Trupal. Para la identificación de problemas se utilizó diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa y utilizando la herramienta Lean,

con el análisis de los resultados obtenidos se procederá a la implementación de la propuesta.

#### ▪ 2.1.2. Internacionales

Rodríguez Mondragón, J. (2020). En su tesis titulada Diseño de plan de mantenimiento preventivo para la máquina corrugadora de papel Agnati de la empresa Smurfit Kappa, a partir de un análisis de fallos, donde nos describe. Desde el área de mantenimiento de Smurfit Kappa – Corrugado Bogotá se busca garantizar la confiabilidad de las máquinas que hacen parte del proceso productivo de la compañía, en búsqueda de un aumento de productividad, mejores tiempos de producción y menores tiempos de paradas inesperadas. Con la aplicación de la metodología aquí propuesta, se busca que sea el inicio de un proyecto mayor que garantice el correcto funcionamiento de las otras máquinas que hacen parte del proceso de transformación de empaques a base de cartón que desarrolla en este momento la empresa como actividad económica principal. En su plan de trabajo el autor que el mantenimiento preventivo, permite tener una visión global y concreta de todas las acciones de preventivo previstas para una instalación determinada así mismo nos permite hacer los enlaces esenciales de los diferentes equipos o componentes de una máquina que debe cumplir con la misma función técnica y misma frecuencia.

Orozco Lara, F.W. (2004). En su tesis, Optimizar la productividad de la maquina corrugadora, reduciendo los tiempos improductivos para así lograr incrementar la Eficiencia y el Volumen de Producción.

Se aplicó métodos gráficos para la descripción de los procesos, tales como los Flujogramas, Diagramas de Proceso, etc. y para analizar el posicionamiento de

mercado de la empresa Corrupac con respecto a las empresas que ejecutan similar actividad, se utilizó Diagramas de Pastel, de Barras y Combinados. Con la ayuda de los Diagramas de Ishikawa y de Pareto, se ha podido identificar y Analizar los Problemas, detectándose que los principales Problemas por Tiempos Improductivos que inciden en la maquina corrugadora han sido: los Trancones y Reventones, Problemas Mecánicos, Montaje y Calibración de maquina y Falta de Vapor, que han traído Pérdidas por \$ 1.688.885 y una Eficiencia de la maquina Corrugadora del 55.55%. Se ha propuesto como Solución a los Problemas encontrados, El cambio de Formulación de goma, Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo tanto para la Corrugadora como para el Caldero y Dotación de Equipos de Calibración, para lo cual es necesario la capacitación del personal de mantenimiento y los operarios de maquina con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos. El Costo de las Soluciones Propuestas asciende a \$ 239.975,98 que genera a su vez un Beneficio Anual de \$ 287.110. Las Soluciones Propuestas generan una Tasa Interna de Retorno del 44,92% y un Valor Actual Neto de \$ 381.9

De esta manera el autor en función de sus métodos y cambios para evaluar sus posibilidades de una planificación de un mantenimiento y llega a un punto donde d va hacer una intervención necesaria que se pueda predecir los equipos para una mejora y esta implica a toda la organización.

Ramírez, F.& Monsalve. (2020). El autor de esta tesis nos describe La empresa Dispapeles Guayabal, ubicada en la ciudad de Medellín departamento de Antioquia, cuanta con una máquina productora de cartón corrugado, adquirida y puesta en funcionamiento hace 20 años, la cual, actualmente presenta constantemente fallas que

ocasionan paradas imprevistas de la producción, las cuales generalmente ocurren en su sistema de transmisión de potencia, ocasionando retraso en las entregas de sus pedidos y por ende pérdidas económicas.

La optimización de planeamiento reestructurar que permite rediseñar a un marco de trabajo racional y rentable esto implica buena experiencia en hacer un mantenimiento y nueva implementación, a partir de ahí, la mejora se puede alcanzar fácilmente con una adecuada asignación de recursos, y enfocar los esfuerzos del personal en un nuevo rediseño en la planta.

En el siguiente trabajo se encuentra, el rediseño del proceso de producción de cajas de cartón corrugado de la empresa Dispapeles Guayabal, con el cual se dio solución a la problemática actual presentada después de su implementación, garantizando y aumentando la producción de cartón corrugado como los ingresos de la empresa. Durante estos rediseños es de suma importancia contar con el conocimiento del personal de la empresa u operario, en relación con el funcionamiento de la máquina, lo cual, permite identificar rápidamente los parámetros principales del rediseño como las cargas que estos deben soportar durante el funcionamiento de la máquina

Alvarado Asencio, R. (2016). En su tesis nos indica que al iniciar el estudio de los problemas que afectan al proceso de producción de cajas de cartón corrugado, se encontraron 3 principales problemas en sus líneas de producción (Corrugadora 1 y 2) son las que elaboran las láminas de cartón, Por Falta de Mantenimiento, con sus respectivas causas: Rodillos dañados, aceites degradados, sobre temperatura en equipos, pérdida de aislamiento en motores y vibraciones en equipos rotativos. Por

Falta de Supervisión, con sus respectivas causas: retrabajo y retraso en el arranque de máquina. Por Falta de Capacitación, con sus respectivas causas: no hay recursos, malas calibraciones, pérdida de tiempo y desmotivación. Realizada esta clasificación se supo que problema es el que hay que eliminar, en este caso la falta de mantenimiento. Se propone la implementación del Mantenimiento Predictivo, el cual con el uso de sus tecnologías como son, la termografía, el análisis de vibraciones y las pruebas de aislamiento se pretende eliminar las causas que producen dicho problema. Posteriormente en el estudio económico con el cálculo del beneficio costo y tiempo de retorno de la inversión se confirma la efectividad del proyecto. Las estrategias de metodología y las técnicas necesarias para poder optimizar el uso de los activos fijos, la confiabilidad operacional de una maquina o equipo es la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante el periodo de tiempo sin perdidas de su función.

Zevallos Valero, G. (2019). En su tesis titulada Diseño e implementación de un software de mantenimiento preventivo para una fábrica cartonera. Trabajo final para la obtención de título Esta tesis de grado presenta la elaboración de un Software de Mantenimiento Preventivo para los equipos de una Planta Industrial dedicada a la elaboración de cajas de cartón corrugado y comprenden las siguientes etapas: generalidades, definición sobre mantenimiento preventivo, diferentes tipos de mantenimiento y una breve explicación del proceso de fabricación del cartón corrugado, la descripción de la maquinaria instalada, el principio de funcionamiento de la misma y sus componentes, etc. Por último, describe el desarrollo del programa y entrega información concerniente al control de bodegas de repuestos de donde salen los datos a ser incluidos en el módulo de inventarios del programa. Los cambios de

una nueva estrategia en los departamentos de mantenimiento deben prepararse para un entorno dinámico común de una economía global y de permanente evolución tecnológica que se adecua a cambiar y evolucionar en todos los aspectos de la organización, con el objetivo de asegurar su viabilidad futura.

○ **2.2. Bases teóricas**

PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE LA LINEA DE FABRICACION DE CARTON CORRUGADO EN LA EMPRESA PK SOLUCIONES	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA)	DISPONIBILIDAD OPERATIVA
CONCEPTOS TIPOS BUENAS PRACTICAS OPERATIVAS	CONCEPTOS COMO SE CALCULA  IMPORTANCIA Y APLICACIÓN
METODOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA INDUSTRIA DE CARTON	INDUSTRIA DEL CARTON CORRUGADO
LUBRICACION VIBRACION  TOMA DE TEMPERATURA	TIPOS DE CARTON PROCESO DE FABRICACION BUENAS PRACTICAS DE FABRICACION RECICLAR

*Figura N° 4. Bases teóricas PK soluciones.  
Fuente: Elaboración propia*



- **2.3. Mantenimiento preventivo (industria manufacturera)**

- **2.3.1. Conceptos**

### **Definición de mantenimiento**

Santiago, G., (2003). Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (palencia, 2012)

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado en directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar las

pérdidas por averías y sus costes asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas «transferidas» son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir cero averías. Colmo filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología (Santiago, 2003, p.1).

TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM

la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

Por desgracia, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías triunfa. El porcentaje de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y que no se plantean si esa es la forma en la que se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial) es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas para seguir en el departamento de mantenimiento (Santiago, 2003, p.2).

### ▪ 2.3.2 Tipos

#### a) Mantenimiento Reparativo

La existencia de una gran variedad de industrias, de diferentes condiciones, instalaciones, etc. Ha determinado a través del tiempo la necesidad de diferentes prioridades y técnicas para la aplicación del mantenimiento. A continuación, se da una clasificación industrial del mantenimiento; con una breve descripción de los criterios técnicos de cada uno de ellos (Palencia, 2006, p. 8).

#### b) Mantenimiento de Emergencia

Son los trabajos urgentes y costosos que se llevan a cabo en equipos de producción críticos o vitales, con el equipo fuera de servicio, cuya falla ocasiona paralización completa de la producción, y tienen por objeto la recuperación de la

calidad del servicio, de la manera más rápida, eficiente y segura, (Palencia, 2006, p. 8).

### **c) Mantenimiento Correctivo**

Conjunto de actividades conducentes a la corrección de fallas y anomalías en los equipos a medida que se van presentando y con la maquinaria fuera de servicio.

Se denomina mantenimiento correctivo, aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos para corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento se realiza luego de que ocurra un fallo o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues puede implicar el cambio de algunas piezas del equipo en caso de ser necesario, siendo muy común en caso de desgaste de estas en el equipo de cómputo (Palencia, 2006, p. 9).

### **d) Mantenimiento Periódico**

Consiste en dar el mantenimiento al equipo en forma integral a todo el conjunto simultáneamente, después de un lapso de trabajo de tiempo determinado. El mantenimiento periódico considera que la probabilidad de cambios en las características físicas de los componentes se incrementa a partir de cierto número de horas de trabajo y deberán ser cambiados sin importar su estado (Palencia, 2006, p. 9).

#### **e) Mantenimiento Progresivo**

Permite proporcionar el mantenimiento al equipo en forma racional y progresiva, por etapas, aprovechando el tiempo en que éste no está prestando servicio, para ello se subdividen las máquinas en secciones, mecanismos y partes (Palencia, 2006, p. 9).

#### **f) Mantenimiento Sintomático**

Labores enfocadas al arreglo de fallas en función de los síntomas observados en el funcionamiento del equipo (ruidos, temperaturas anormales, consumos, etc.), (Palencia, 2006, p. 9).

#### **g) Mantenimiento Continuo**

Trabajos ejecutados en forma permanente y estable al equipo con un nivel óptimo, siendo estos o no necesarios. Se basa en el concepto de que mientras mejor atendida este la máquina, su funcionamiento será más eficiente (Palencia, 2006, p. 9).

#### **h) Mantenimiento Preventivo**

Es el conjunto de actividades que permiten en forma económica, la operación segura y eficiente de un equipo, con tendencia a evitar las fallas imprevistas. Son trabajos programados sistemáticamente con suficiente anticipación.

En las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y limpieza que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El

mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El principal objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Algunos de los métodos habituales para determinar qué procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares (Palencia, 2006, p. 24).

### **i) Mantenimiento Predictivo**

Actividades que permiten detectar las fallas por revelación antes que sucedan, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas. Es el sistema de mantenimiento permanente que se realiza durante el funcionamiento de los equipos.

El mantenimiento predictivo son una serie de acciones que se toman, y técnicas que se aplican, con el objetivo de detectar posibles fallos y defectos de maquinaria en las etapas incipientes, para evitar que estos fallos se manifiesten en uno más grande durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto financiero negativo. Su misión es conservar un nivel de

servicio determinado en los equipos programando las revisiones en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas.

El requisito para que se pueda aplicar una técnica predictiva es que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia, tales como alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste y alto amperaje, entre otras.

Las técnicas para detección de fallos y defectos en maquinaria varían desde la utilización de los sentidos humanos (oído, vista, tacto y olfato), hasta la utilización de datos de control de proceso y de control de calidad, el uso de herramientas estadísticas y técnicas de moda como el análisis de vibración, la termografía, la tribología, el análisis de circuitos de motores y el ultrasonido (Palencia, 2006, p. 27).

#### **j) Mantenimiento Mixto**

Es la aplicación de labores correctivas y preventivas de cualquier tipo, pero al mismo tiempo, aprovechando la disponibilidad del equipo cuando se encuentra fuera de servicio por una falla imprevista (Palencia, 2006, p. 9)

#### **k) Mantenimiento por Over-Haul**

Sistema de mantenimiento que se aplica a fábricas que suspenden toda actividad durante un lapso determinado, una o dos veces al año; es decir que se realiza una parada general de planta. Estos trabajos requieren grandes cantidades de repuestos y mano de obra.

Básicamente los sistemas antes mencionados se pueden clasificar en dos grandes grupos, comúnmente conocidos que son:

- El Mantenimiento Correctivo
- El Mantenimiento Preventivo.

Al primer grupo corresponden adicionalmente el Mantenimiento de Emergencia y las reparaciones mayores. Al segundo grupo corresponde también, el Mantenimiento Predictivo, el Periódico, el Progresivo, el Sintomático y el Continuo.

En las dos últimas décadas el desarrollo de los métodos para realizar el Mantenimiento Predictivo le ha dado tanta importancia, que su estudio y desarrollo se hace en forma independiente del sistema Preventivo, por lo que se le considera como un nuevo sistema general, o sea que la clasificación actual de los tipos de mantenimiento se aumenta a tres sistemas fundamentales, siendo el predictivo el último de ellos.

Sin embargo, la aplicación de estos tres sistemas de Mantenimiento, perfectamente delimitados deben enmarcarse en el contexto global de una adecuada organización de mantenimiento que recibe el nombre genérico de Mantenimiento Dirigido, que es la base de la creación de la moderna teoría administrativa para gerenciar mantenimiento que se denomina actualmente Mantenimiento Productivo Total, (Palencia, 2006, p, 22).

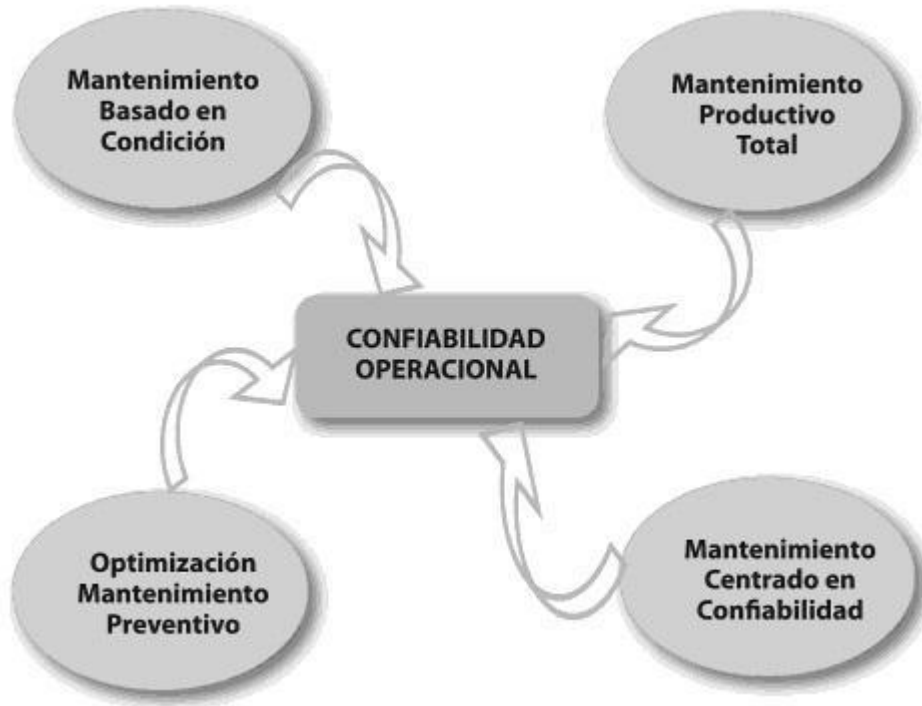
### ▪ 2.3.3 Buenas prácticas Operativas

#### a) Estrategias de la confiabilidad

Para la implementación de un programa de confiabilidad es indispensable establecer un plan estratégico que permita la creación de un clima organizacional clave para el éxito. El proyecto debe iniciar con una conveniente revisión y planeación de actividades debe apoyarse en los últimos avances tecnológicos, y debe cumplir con la



integración de varias herramientas estratégicas, lo que constituye definitivamente un sistema “optimización integral de mantenimiento” (MIO) (Palencia, 2012, p, 97).



*Figura N° 5. Estrategias de confiabilidad operacional.  
Fuente: Libro Palencia, O., (2012).*

Dentro de estas técnicas de mantenimiento las 4 principales de soporte para la confiabilidad operacional se describe en la fig. 5.

#### **b) Mantenimiento basado en condición (CBM)**

El mantenimiento basado en la medición del estado (condición), de un equipo para evaluar su probabilidad de falla durante un periodo futuro, con objeto de tomar la acción mas apropiada para prevenir o evitar las consecuencias de esta falla. La condición de un activo es medida usando equipos de análisis, técnicas de control

estadístico, monitoreo de su operación, mediante hardware y software específico, o a través del uso de los sentidos.

El CBM, también llamado “mantenimiento predictivo”, se define como el conjunto de actividades programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos de operación y sin perjuicio de la producción, usando equipos de diagnóstico y pruebas no destructivas (Palencia, 2012, p, 98).

### **c) Mantenimiento productivo total (TPM)**

Es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo industrial que permite con la participación total de la organización tener equipos de producción siempre listos. La metodología del TPM, sostenida por varias técnicas de gestión, establece las estrategias para mejorar la productividad empresarial, para poder afrontar con éxito el proceso de globalización y apertura a la economía (Palencia, 2012, p, 100).

El TPM como un esfuerzo enfocado en mejorar la efectividad del equipo, busca crear el estado ideal de sistema productivo. Cualquier holgura entre el estado actual y el estado ideal se puede deber a las deficiencias del mantenimiento del sistema, al plan de inspección, al conocimiento insuficiente de la máquina, y las fallas del proceso de producción.

La filosofía de TPM hace parte del enfoque permanente hacia la calidad. Mientras la calidad pasa hacer énfasis en la inspección y selección hacer énfasis en la prevención, el TPM pasa del énfasis en simple la reparación, el énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de equipos.

El TPM incluye las cinco metas siguientes.

- Mejora de eficiencia de los equipos
- Mantenimiento autónomo por operadores
- Planeación y programación óptima de un sistema proactivo
- Mejoramiento de la habilidad operativa del personal
- Gestión temprana de equipos para evitar problemas futuros

#### **d) Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)**

El RCM es una metodología diseñada por la aviación militar en la USA. Su fin último es ayudar al personal de mantenimiento, a definir la mejor practica para garantizar la confiabilidad de la función de los activos fijos, y para manejar los efectos de sus fallas.

El objetivo primario del RCM es conservar la función del sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica del RCM, de deriva de múltiples investigaciones se puede resumir en seis pasos.

- Identificar los sistemas básicos de la planta y definir sus funciones principales.
- Identificar los de falla que puedan producir cualquier falla funcional
- Jerarquizar las necesidades funcionales del equipo mediante el análisis de criticidad.
- Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales
- Emplear el diagrama del árbol lógico para establecer estrategias de mantenimiento

#### **e) Análisis de criticidad**

Santiago, G., (2003). No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros.

Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa. Pero ¿cómo diferenciamos los equipos que tienen una gran influencia en los resultados de los que no la tienen? Cuando tratamos de hacer esta diferenciación, estamos realizando el Análisis de Criticidad de los equipos de la planta. Comencemos distinguiendo una serie de niveles de importancia o criticidad:

**A) Equipos críticos.** Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.

**B) Equipos importantes.** Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

**C) Equipos prescindibles.** Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Veamos, en segundo lugar, qué criterios podemos utilizar para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores. Debemos considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- **Producción.** Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente paralice equipos productivos, pero con pérdidas de

producción asumible o no tenga influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.

- **Calidad.** El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- **Mantenimiento.** El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento, o por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.
- **Seguridad y medio ambiente.** Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

La Tabla propuesta para valorar la criticidad de un equipo puede ser la siguiente:

### ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.		Consumo una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).	
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Figura N° 6. Propuesta para valorar la criticidad de equipo.  
Fuente: Libro Santiago, G., (2003).

Imaginemos ahora la siguiente situación. Al valorar un equipo, ha resultado ser Crítico por mantenimiento, Prescindible por calidad y por seguridad, e Importante por producción. ¿Cómo debemos considerar el equipo? La categoría que demos a un equipo debe corresponder a la más alta que haya obtenido al valorar los 4 aspectos. En el caso descrito, el equipo resultaría crítico.

## f) Gestión de repuestos

Santiago, G., (2003). De los costes más importantes del Departamento de Mantenimiento lo constituye el consumo de repuestos. Hace unos años, este era el coste más importante en mantenimiento, de tal forma que por cada \$ gastado en personal, se consumían 2 o más en materiales. Esta situación ha cambiado, se ha invertido (en la actualidad el coste del personal supera ampliamente al de repuestos), pero no hay duda de que, si bien ya no es el principal coste, sí es el segundo en importancia y, por tanto, es un coste para optimizar.

Además del propio consumo de repuesto, nos encontramos con otros dos puntos que es necesario tener en cuenta:

- Los departamentos financieros y el estricto control económico que se hace de cada una de las partidas presupuestarias de una empresa han impuesto unas políticas de reducción de stock cada vez más agresivas, de manera que se hace necesario estudiar qué materiales son los imprescindibles para mantener en stock.
- La disponibilidad de las plantas se ve seriamente afectada por un stock de repuesto adecuado.

Por tanto, además de optimizar el consumo de repuestos, hay que buscar un compromiso entre la cantidad de dinero a inmovilizar en la adquisición de repuestos y la disponibilidad deseada en la planta.

## ▪ 2.3.4. Clasificación de repuestos

### 2.3.4.1. Clasificación de los repuestos

Para ayudarnos en la identificación de las piezas, podemos agrupar el repuesto desde varios puntos de vista: en función de su responsabilidad dentro del equipo y en función de la necesidad de mantenerlo en stock permanente en planta y por el tipo de aprovisionamiento.

**a) Piezas sometidas a desgaste.** A este grupo aquellos elementos que unen piezas fijas y móviles, o aquellas partes en contacto con fluidos, como cojinetes, casquillos, retenes, juntas. Son piezas sometidas a desgaste y a abrasión. En este grupo también podemos incluir juntas, retenes, rodetes y tuberías sujetas a fatiga, corrosión y cavitación.

**b) Consumibles.** Son aquellos elementos de duración inferior a un año (8.000 horas de uso), con una vida fácilmente predecible, de bajo coste, que generalmente se sustituyen sin esperar a que den síntomas de mal estado. Su fallo y su desatención pueden provocar graves averías.

Los consumibles más usuales son los siguientes:

- Filtros.
- Lubricantes de todo tipo.
- Adhesivos.
- Discos de ruptura.
- Material de limpieza.



- Elementos de estanqueidad estándar, como juntas tóricas de tamaños materiales comunes, empaquetadura, juntas que se pueden fabricar artesanalmente a partir de pliegos, juntas espiro metálicas de materiales y diámetros comunes, etc.
- Consumibles de taller, como discos de corte, electrodos, trapos, etc.
- Material desecante.
- Lámparas, bombillas.
- Ánodos de sacrificio.
- Escobillas de motores.
- Alúmina o material adsorbente para desecadores.

**c) Elementos de regulación y mando mecánico.** Son aquellos elementos cuya misión es controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación: válvulas, muelles, cigüeñales, etc. Son elementos que a pesar de no estar sometidos a condiciones desfavorables de funcionamiento tienen una importancia capital dentro del equipo. Su fallo frecuente es por fatiga.

**d) Piezas móviles.** Son aquellas destinadas a transmitir movimiento. Son engranajes ejes, correas, cadenas, reductores, etc. Su fallo habitual es por fatiga.

**e) Componentes electrónicos (instrumentación).** A pesar de su altísima fiabilidad, un problema en ellos suele suponer una parada del equipo. Su fallo habitual es por calentamiento, cortocircuito o sobretensión, y generalmente se producen al someter al equipo a unas condiciones de trabajo diferentes para las que fueron diseñados. Un ejemplo habitual es un fallo en otro elemento que provoca un funcionamiento anormal

del equipo; otro puede ser trabajar en condiciones atmosféricas extremas de calor, frío, humedad o polvo.

**f) Piezas estructurales.** Difícilmente fallan, al estar trabajando en condiciones muy por debajo de sus capacidades. Son bastidores, soportes, basamentos, etc.

#### 2.3.4.2. Necesidad de stock en planta

Desde este punto de vista, podemos dividir las piezas en tres categorías:

- 1. REPUESTO A:** Piezas que es necesario mantener en stock en planta.
- 2. REPUESTO B:** Piezas que es necesario tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.
- 3. REPUESTO C:** Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta (como mucho supondrán ligeros inconvenientes).

#### 2.3.4.3. Clasificación por tipo de aprovisionamiento

Desde el punto de vista de la compra, podemos dividir el material en 3 tipos:

- 1. Pieza estándar:** Es la pieza incorporada por el fabricante en el equipo y que puede ser comprada a varios proveedores.
- 2. Pieza específica del fabricante de la máquina.** Es la pieza diseñada por el fabricante de la máquina, que es específica de él y, por lo tanto debe ser aprovisionada a través del fabricante mismo.
- 3. Pieza específica a medida.** Es la pieza diseñada para una determinada máquina, que se puede construir bajo plano y, por lo tanto, puede ser construida por cualquier taller especializado.

#### **2.3.4.4. Determinación del repuesto que debe permanecer en stock**

Este repuesto puede dividirse a su vez en dos tipos: el repuesto de gran rotación, en su mayoría formado por consumibles<sup>20</sup>, y material, que puede usarse en multitud de equipos, por ser repuesto muy estándar cuya posibilidad de uso es muy alta. es el caso de los aceites y filtros (consumibles) o de la tornillería o racorería (repuesto estándar).

##### **Estimación de la cantidad**

Una vez estimados los repuestos que deben permanecer en stock, debemos saber la cantidad que debemos acopiar de ellos. Es necesario determinar, para cada uno de los materiales:

- Cantidad inicial.
- Punto de pedido, o mínimo que se debe alcanzar para emitir un pedido de compra.
- Cantidad para pedir, una vez alcanzado el punto de pedido.

Existen varias formas de determinar la cantidad que debemos adquirir de un determinado repuesto. Algunas de ellas emplean complicadas fórmulas matemáticas en función de la cantidad de elementos que haya instalados en la planta y del plazo de aprovisionamiento, entre otros factores. No obstante, en esta obra no se aportan dichas fórmulas por ser de uso complicado, y moverse mucho más en el plano teórico que en el real. A la hora de determinar la cantidad que debemos acopiar, es preferible basarse en la propia experiencia o en la de expertos, buscando siempre la adquisición del mínimo imprescindible.

### DIAGRAMA PARA SELECCIÓN DE REPUESTO

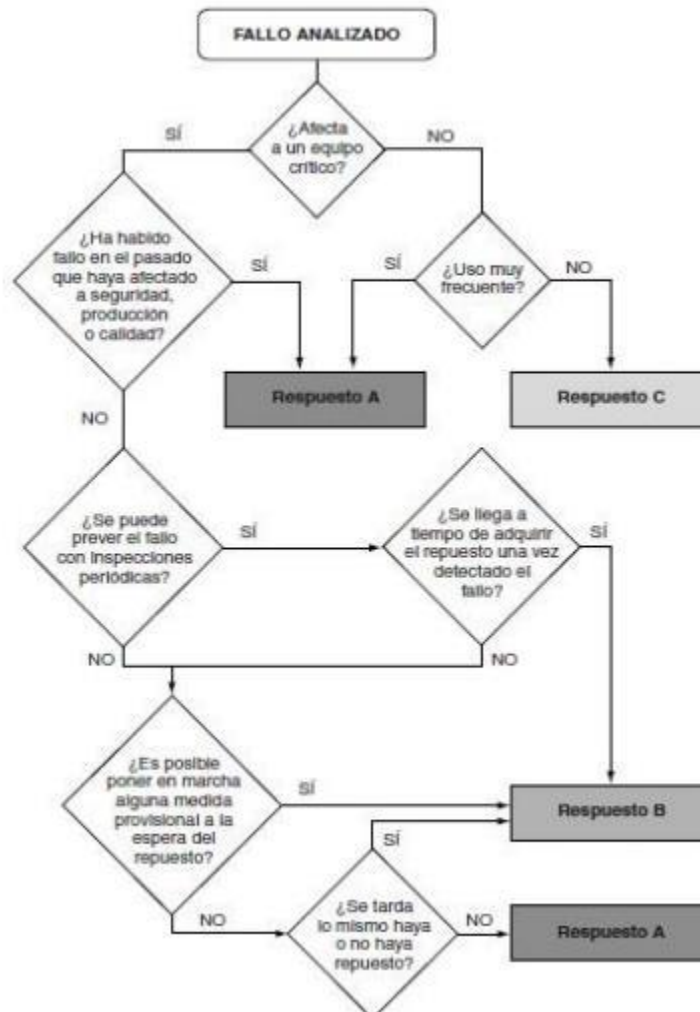


Figura N° 7. Diagrama de selección de repuesto.

Fuente: Libro Santiago, G., (2003).

Podríamos definir consumible como aquellas piezas con una vida generalmente muy corta, en la mayoría de los casos inferior a un año y cuya vida es previsible, pues está en función de las horas de trabajo del equipo o del periodo de tiempo transcurrido.

## **g) Calidad en el mantenimiento**

### **Que significa calidad en mantenimiento**

Santiago, G., (2003). La Calidad en la fabricación de tornillos tiene un significado sencillo entender. Significa fabricar tornillos que alcancen las especificaciones marcadas a un coste que permita obtener el beneficio deseado a la empresa que los produce. Cuando hablamos de Calidad en el servicio que presta un restaurante nos referimos a la satisfacción que provoca en el cliente el conjunto de alimentos y servicios disfrutados (decoración, amabilidad, etc) en relación al dinero pagado, o dicho de otra forma, al cumplimiento de las expectativas del cliente en lo que recibe en relación a lo que tiene que abonar por ello.

Cuando nos referimos a Calidad en mantenimiento, es conveniente definir con exactitud a qué nos estamos refiriendo. Por Calidad en Mantenimiento debemos entender lo siguiente:

#### **Máxima disponibilidad al mínimo coste**

Si desmenuzamos este ambicioso objetivo en pequeñas metas menores, nos encontramos que Máxima Disponibilidad al Mínimo Coste significa, entre otras cosas: Que dispongamos de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.

- Que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo.
- Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible.
- Que dispongamos de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender.
- Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios.
- Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible.
- Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento.
- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo.
- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
- Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

#### **h) Calidad de mano de obra**

En lo referente a mano de obra, acabamos de ver que identificamos Calidad con cuatro aspectos: cantidad, organización, cualificación y rendimiento.

En lo referente a la cantidad, un departamento de mantenimiento adecuadamente dimensionado es aquel que no tiene personal esperando a que se produzca una avería para intervenir. También lo es aquel que es capaz de responder

ante un problema imprevisto con una celeridad acorde a su importancia. Por tanto, es necesario dimensionar el departamento de manera que lleguemos a un compromiso entre la disponibilidad de operarios para intervenir de manera inmediata, cuyo exceso nos provocaría un derroche de recursos, y la disponibilidad de equipos, cuya parada podría provocarnos pérdidas económicas por la imposibilidad de cumplir el plan de producción. Derroche de recursos, frente a pérdidas de producción. En lo referente a la organización, un departamento de mantenimiento bien organizado es aquel en el que las diversas funciones están adecuadamente distribuidas. Es aquel en el que las responsabilidades de las personas y los cargos están perfectamente definidas. Es aquel que tiene una estructura suficiente y que ha creado los cargos necesarios para responder a las necesidades del departamento, con el mínimo de personal.

En cuanto a la cualificación, un departamento de mantenimiento de calidad es aquel cuyo personal está lo suficientemente cualificado para realizar las tareas habituales. Es aquel que identifica las necesidades y elabora un Plan de Formación en el que se tienen en cuenta tanto la cualificación actual de sus miembros como la cualificación deseable.

En lo referente a rendimiento, calidad en mantenimiento significa dedicar el mínimo tiempo posible a tareas improductivas, definiendo como tales todas aquellas que no suponen la intervención directa en un equipo.

Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento.

- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo.

- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
- Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.
  - **2.4. Disponibilidad operativa**

## **2.4 Disponibilidad operativa**

### **2.4.1. Conceptos**

#### **a) Disponibilidad**

Rodríguez, J., (2003). El grado en que un sistema, subsistema o equipo se encuentra en un estado específico operable y comprometiese al comienzo de una misión, cuando la misión se solicita en un momento desconocido, es decir, aleatorio. En pocas palabras, la disponibilidad es la proporción de tiempo que un sistema está en condiciones de funcionamiento. Esto a menudo se describe como una tasa capaz de misión. Matemáticamente, esto se expresa como 100% menos indisponibilidad.

La relación de (a) el tiempo total que una unidad funcional se puede usar durante un intervalo dado para (b) la longitud del intervalo.



Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES



## 2.4.2. Importancia y aplicación

### a) Indicadores

Santiago, G., (2003). Un sistema de procesamiento es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si debemos realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, debemos definir una serie de parámetros que nos permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Es decir: a partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Una de las cosas que debemos definir es, pues, cuáles serán esos indicadores. Hay que tener cuidado en la elección, pues corremos el riesgo de utilizar como tales una serie de números que no nos aporten ninguna información útil. Corremos el riesgo de tomar datos, procesarlos y obtener a cambio otros datos.

Imaginemos el caso de elegir la disponibilidad de equipos como un indicador. Si listamos todas las paradas de cada uno de los equipos de la planta, la fecha y hora en que han ocurrido y su duración, la lista resultante serán datos, pues tal y como se nos presenta no podemos tomar decisiones basándonos en ella.

Es importante tener en cuenta que no sólo es valioso conocer el valor de un indicador o índice, sino también su evolución. Por ello, en el documento en el que expongamos los valores obtenidos en cada uno de los índices que se elijan deberíamos reflejar su evolución, mostrando junto al valor actual los valores de periodos anteriores (meses o años anteriores) para conocer si la situación mejora o empeora.

También es importante fijar un objetivo para cada uno de estos índices, de manera que la persona que lea el documento donde se exponen los valores alcanzados en el periodo que se analiza comprenda fácilmente si el resultado obtenido es bueno o malo. En resumen, junto al valor del índice, deberían figurar dos informaciones más:

- Valor de índice en periodos anteriores.
- Objetivo marcado.

- **2.4.3. Como se calcula**

- a) **Índices de Disponibilidad**

- Disponibilidad total**

Es uno de los indicadores más importantes de la planta. Es el cociente de dividir el n°. de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el n°. de horas totales de un periodo:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta .

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{Horas totales}}$$

### Disponibilidad por averías

Es el mismo índice anterior, pero teniendo en cuenta tan solo las paradas por averías, las intervenciones no programadas:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$$

La disponibilidad por avería no tiene en cuenta, pues, las paradas programadas de los equipos.

Igual que en el caso anterior, es conveniente calcular la media aritmética de la disponibilidad por avería para poder ofrecer un dato único.

MTBF (MID TIME BETWEEN FAILURE, TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

MTTR (MID TIME TO REPAIR, TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por averías}}{\text{N}^\circ \text{ de averías}}$$

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTNF}$$

## b) Índice de costos

La cantidad de índices que hacen referencia a los costes del departamento de mantenimiento es inmensa. Aquí se exponen algunos que pueden resultar prácticos.

### **Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento**

Es el cociente de dividir el n° total de horas empleadas en mantenimiento entre el coste total de la mano de obra:

$$\text{Coste de hora medio} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de mantenimiento}}{\text{Coste total de mano de obra}}$$

### **Costo de materiales**

Se pueden hacer tantas subdivisiones como se crea conveniente: por secciones, por tipo (eléctrico, mecánico, consumibles, repuestos genéricos, repuestos específicos, etc.).

### **Costo de subcontratos**

También pueden hacerse las subdivisiones que se considere oportunas.

Algunas subdivisiones comunes suelen ser:

- Subcontratos a fabricantes y especialistas.

- Subcontratos de inspecciones de carácter legal.
- Subcontratos a empresas de mantenimiento genéricas.

c) **Índice de proporción de tipo de mantenimiento**

- **Índice de mantenimiento programado**

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento programado sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\textit{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\textit{Horas totales dedicados a mantenimiento}}$$

- **Índice de correctivo**

Porcentaje de horas invertidas en realización de mantenimiento correctivo sobre horas totales.

$$IMP = \frac{\textit{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\textit{Horas totales dedicados a mantenimiento}}$$

- **Índice de emergencias**

Porcentaje de horas invertidas en realización de O.T. de prioridad máxima.

$$IME = \frac{\textit{Horas O.T. prioridad maxima}}{\textit{Horas totales de mantenimiento}}$$

- **2.5. Métodos para el mantenimiento preventivo en la industria de cartón**

- **2.5.1. Lubricación**

- a) Definición**

Albarracín, A., (2009). La lubricación se define como la interposición entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo la una con respecto a la otra de una sustancia cualquiera conocida con el nombre de lubricante. Un buen lubricante debe disminuir al máximo el desgaste de las superficies lubricadas, el calor generado por fricción, el consumo de energía, el ruido, y el impacto negativo sobre el ambiente cuando finalmente se deseche, como resultado de su proceso de oxidación normal. Sin el empleo del lubricante adecuado, las superficies metálicas de los mecanismos lubricados se soldarían, dejando inservible la máquina y convirtiéndola en chatarra en unos cuantos minutos. Cuando las superficies son lubricadas la única fricción que se debe presentar es entre las capas del lubricante así la lubricación sea del tipo fluida ó EHL. Un mecanismo puede quedar bien ó mal lubricado, dependiendo de factores tales como la viscosidad del aceite utilizado, la cantidad aplicada, el método de lubricación ó la frecuencia entre relubricaciones. Aún hoy en día hay personas que trabajan en el mantenimiento mecánico de las máquinas que piensan que lubricar es simplemente aplicar un aceite ó una grasa lo cual es un grave error.

- b) Película lubricante**

Albarracin, A., (2009). La película lubricante permite separar las rugosidades de dos superficies que se encuentran en movimiento relativo evitando que entren en

contacto directo metal-metal. La película lubricante puede ser sólida en el momento de la puesta en marcha de un mecanismo ó constituida por la unión de capas laminares cuyo número es alto si la lubricación es fluida y bajo si es EHL. El espesor de la película lubricante define el tipo de lubricación y aumenta con la viscosidad del aceite y con la velocidad de operación del mecanismo. Una de las capas que constituyen la película lubricante, ya sea bajo condiciones de lubricación fluida ó EHL, se adhiere fuertemente a la superficie en movimiento, otra a la estacionaria (ó en movimiento según el caso) y las demás se deslizan entre sí como resultado del esfuerzo a la cizalladura que se presenta entre ellas. La estabilidad de la película lubricante que se adhiere a la superficie metálica depende del índice de viscosidad del aceite, el cual si es alto reduce las probabilidades de que el tipo de flujo cambie de laminar a turbulento y que por lo tanto dicha película lubricante no se desprenda de la superficie metálica.

### c) Tipos de lubricante

- **Lubricación sólida ó límite**

Albarracin, A., (2009). Una de las condiciones más críticas en la operación de un mecanismo es en el momento en que se pone en marcha ya sea por primera vez (aún más crítica) ó después de que ha permanecido detenido durante un período de tiempo determinado. Cuando la velocidad nominal de operación de un mecanismo (engranajes, rodamientos, cojinetes lisos, cadenas, etc), disminuye, las rugosidades de las dos superficies se acercan y un gran número de ellas interactúan hasta que finalmente, cuando la velocidad es igual a cero, se entrelazan de manera semejante a



como quedan los dientes de dos serruchos cuando se superponen. Es fácil imaginar lo que sucedería si en la realidad se tomaran dos serruchos y se colocaran de tal forma que todos sus dientes quedaran entrelazados y luego se le aplicara a uno de ellos una fuerza lo suficientemente alta como para ponerlo en movimiento. Como es obvio lo más probable es que un buen número de dichos dientes se fracturarían quedando inservibles los dos serruchos. Pues bien, en los mecanismos de las máquinas puede suceder lo mismo cuando se lubrican de una manera inadecuada, se utiliza un lubricante incorrecto ó éste se sigue utilizando, cuando ya se haya oxidado.

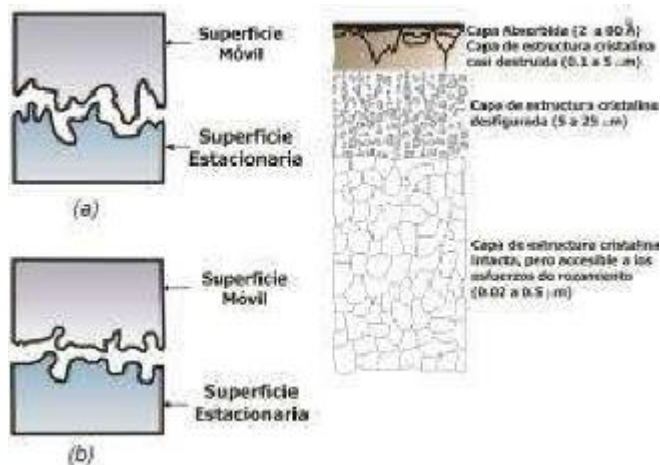


Figura N° 8. La imagen muestra lubricación límite.

Fuente: Servicio nacional de aprendizaje-SENA (2009), Medellín-Colombia.

- **Lubricación fluida**

Para Abarracin, a medida que el mecanismo va incrementado su velocidad, las crestas de las dos superficies chocan menos y se van separando lentamente debido al

bombeo de aceite originado por el movimiento de dichas superficies; antes que el mecanismo alcance su velocidad nominal de operación se presenta una condición intermedia entre lubricación sólida y fluida conocida como lubricación mixta; en este caso solo una parte de la carga es soportada por la acción hidrodinámica y la otra, por la película sólida que recubre las rugosidades que aún interactúan. Una selección incorrecta de la viscosidad del aceite al igual que una disminución de ésta en operación puede dar lugar a que el mecanismo quede funcionando bajo condiciones de lubricación mixta. Una vez que el mecanismo queda operando a su velocidad de régimen y si ésta es lo suficientemente alta, las rugosidades de las dos superficies quedarán completamente aisladas y “flotando” entre sí de manera semejante a como navega un barco sobre la superficie del agua y se tendrán por lo tanto condiciones de lubricación fluida ó hidrodinámica; en este tipo de lubricación es más influyente la velocidad del mecanismo que la viscosidad del aceite. En lubricación fluida las rugosidades de las dos superficies quedan completamente cubiertas por una capa del lubricante y las demás se deslizan entre sí presentándose entre ellas fricción fluida y concluye: “La intensidad de esta fricción depende del valor del coeficiente de fricción del lubricante utilizado y del espesor de la película lubricante” (2009, p. 40).

- **Lubricación elastohidrodinámica ó EHL**

Albarracin, A., (2009). En la industria hay un buen número de mecanismos como engranajes de hornos cementeros, cojinetes lisos de rodillos laminadores, rodamientos de cilindros secadores en textileras y papeleras, mecanismos de palas eléctricas y mecánicas, transmisiones de camiones carboneros, etc., en los cuales las cargas transmitidas son tan altas y las velocidades tan bajas que el suministro de aceite por la acción de bombeo de los mismos mecanismos hacia las zonas sometidas a fricción es mínimo haciendo que las rugosidades de las dos superficies en operación nunca se separen dando lugar a que permanentemente interactúen, requiriéndose por lo tanto la utilización de aceites de alta viscosidad, con aditivos que tengan la capacidad suficiente de formar una película sólida ó límite de una resistencia al desgaste adhesivo mayor que la película límite que se forma en los mecanismos cuyas superficies interactúan solamente en el momento del arranque y que luego se separan, por la acción hidrodinámica del lubricante utilizado. Este tipo de lubricación se denomina Elastohidrodinámica (EHL) y los aditivos utilizados se conocen con el nombre de Extrema Presión (EP), cuya característica más importante es que tienen la capacidad suficiente de soportar altas cargas de compresión y esfuerzos cortantes sin que se rompa la película límite.

- **2.5.2. Análisis vibracional**

- a) **Análisis de señales de vibración**

- ✓ **Análisis de vibración de fallas a 1X**

La facilidad con la cual una falla puede ser identificada, a partir de datos de pruebas confiables es directamente proporcional a la información disponible del diseño de una máquina y de sus componentes. Esto es especialmente cierto cuando se obtienen frecuencias similares para diferentes fallas; por ejemplo, desbalance de masa y desalineamiento. Para las técnicas de diagnóstico, la velocidad de operación es, usualmente, la frecuencia de referencia. Las demás frecuencias bien se relacionan con la velocidad de operación o muestran no estar relacionadas. (ADEMINSAC, 2006,p,8).

- ✓ **Análisis de forma de onda**

La onda sinusoidal representará un ciclo completo; la masa pasará por su posición neutral en camino a su posición superior y luego pasará nuevamente por el punto neutro hasta su posición inferior, finalizando un ciclo completo. La Figura 6. Nos muestra como la frecuencia puede ser calculada a través del período del tiempo (T) en un ciclo (segundos/ciclo) e invirtiendo su valor determinamos la frecuencia (ciclos/segundo). Este ejemplo muestra la forma de la onda en el tiempo (forma sinusoidal) y en ella podemos comparar directamente los valores de amplitud pico – pico, pico y RMS. La frecuencia es expresada en ciclos por minuto (CMP) o en ciclos

por segundo (CPS), los cuales son llamados HERTZ (donde 1 hertz o hz = 60 CPM).  
(ADEMINSAC, 2006, p,9).

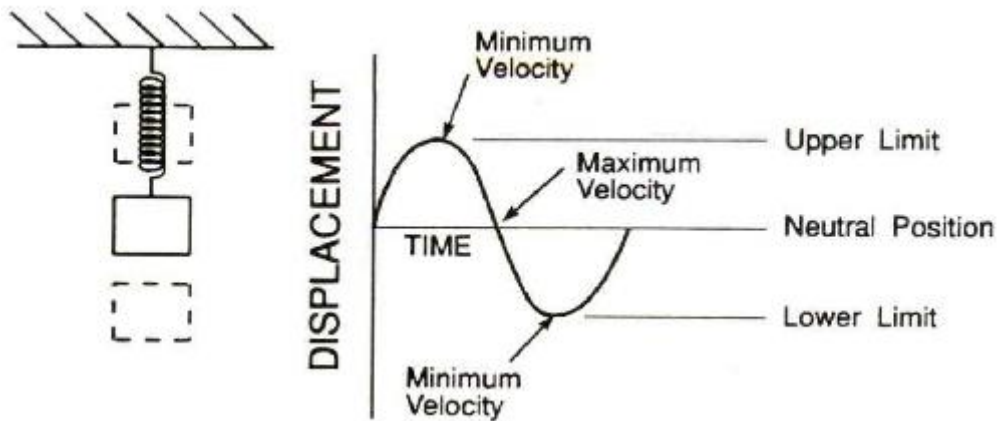


Figura N° 9. Análisis de forma de onda.  
Fuente: Ademinsac, 2006

### ✓ Frecuencia relacionada con formas de onda

La forma de Onda puede ser obtenida en forma digitalizada desde un Analizador de Espectros FFT. Según la Fig, N°1 se observa un periodo de 0.016 segundos (seg.) o 16 milisegundos (mseg), lo que significa que se requiere 16 milisegundos para completar un ciclo. La frecuencia de la vibración resulta de dividir 1 entre el periodo; o sea; 62.5Hz (3750CPM). Un hertz es igual a sesenta ciclos por minuto. Los CPM pueden ser calculados multiplicando 60 por el número de Hz. Una forma de Onda como la Fig. N°6 es armónica porque puede ser representada por la función seno. La ecuación proporciona la magnitud de vibración en cualquier momento del ciclo de rotación del eje. Se muestra la vibración síncrona con la rotación del eje (1x). (ADEMINSAC, 2006, p,11)

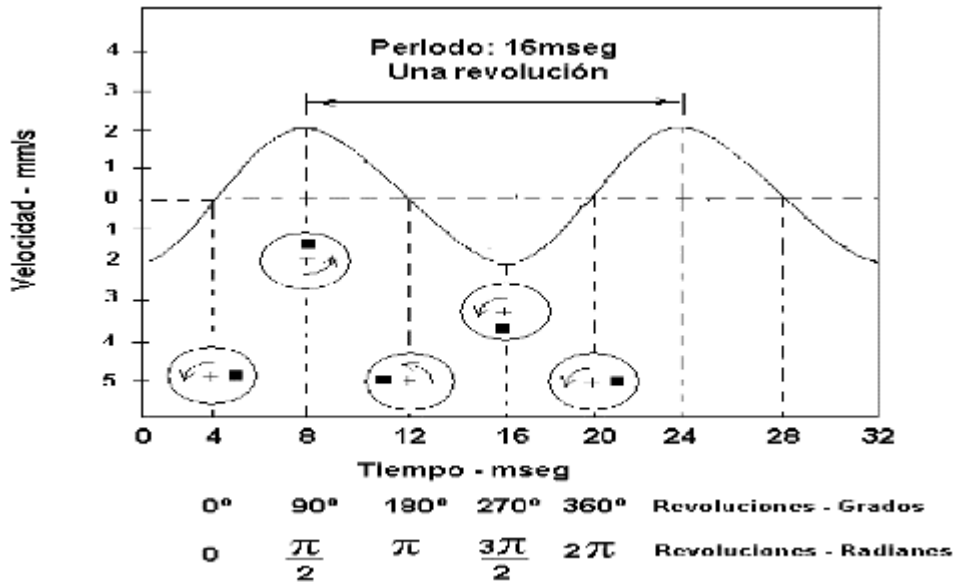


Figura N° 9. Análisis de forma de onda.

Fuente: Ademinsac, 2006

## b) Análisis de vibración en equipos rotativos

### ✓ Análisis de motores eléctricos

El análisis vibracional (Espectros FFT) viene siendo utilizado para detectar principalmente problemas mecánicos, sin embargo, en los últimos años su uso se ha extendido al diagnóstico de anomalías eléctricas en motores de corriente alterna y continua. (ADEMINSAC, 2006, p, 21)

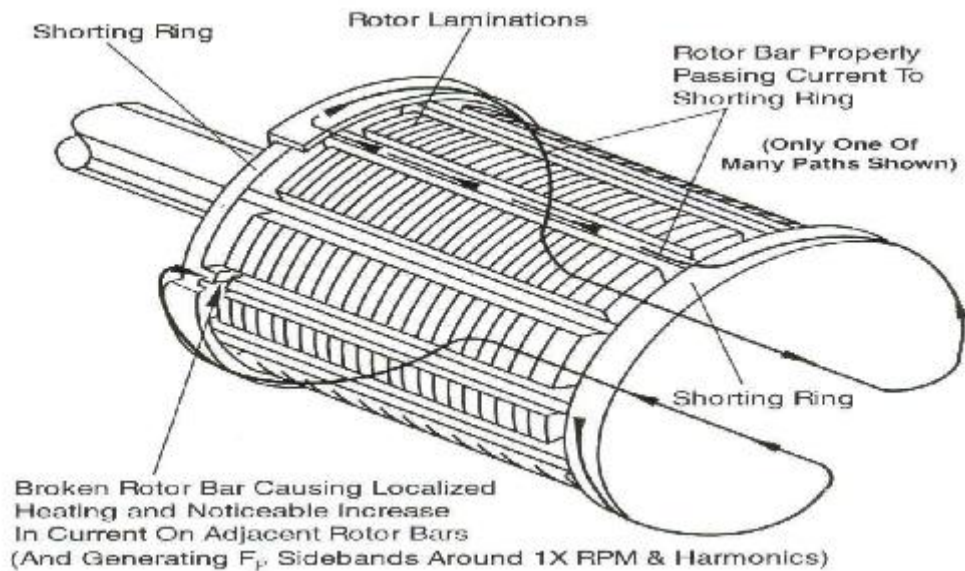


Figura N° 10. Diagrama de un motor de inducción (vista frontal).

Fuente: Ademinsac, 2006

### ✓ Análisis en turbinas, bombas y compresores

Existe Turbinas a gas y con vapor mecánicamente son muy similares. Las Turbinas a gas tienen la complicación adicional de una cámara de combustión.

Los Espectros de vibración de las Turbinas a gas contienen un componente de vibración de banda ancha, y es generado por el ruido de la combustión.

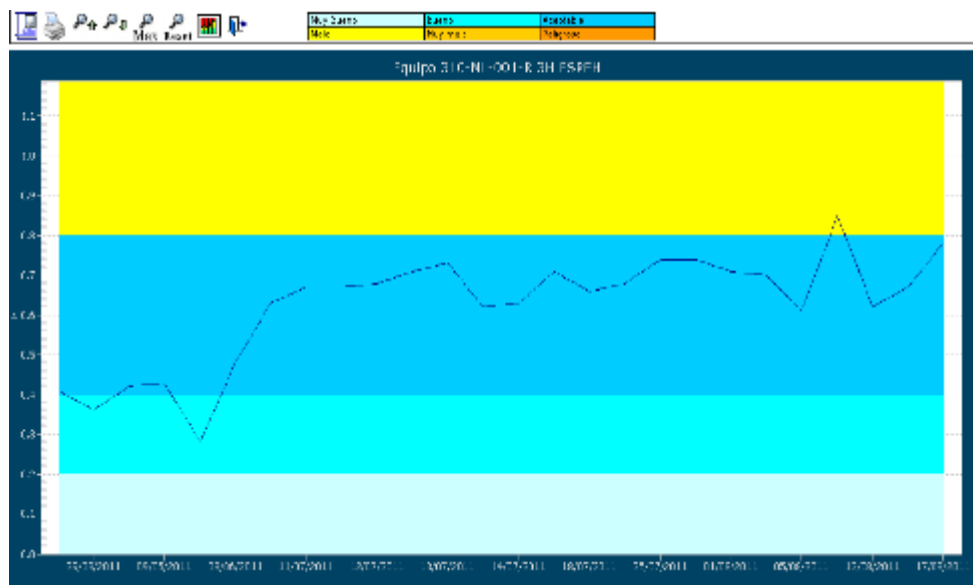
(ADEMINSAC, 2006, p, 38)

### c) Técnicas de diagnóstico de análisis vibracional

#### ✓ Nivel de vibración total

El nivel de vibración total es una medida de la energía total asociada a todas las frecuencias de vibración procedentes de un punto de medición. Los niveles de

vibración total se comparan con los tomados con anterioridad, cuando la máquina operaba correctamente y se definen los puntos de alarma que determinan las condiciones de estado actual. Los niveles de vibración total también son proyectados por tendencia a fin de graficar cambios en la condición del equipo sobre un periodo de tiempo, ver Figura 1.



*Figura N° 11. Gráfico de tendencia total.  
Fuente: Ademinsac, 2006*

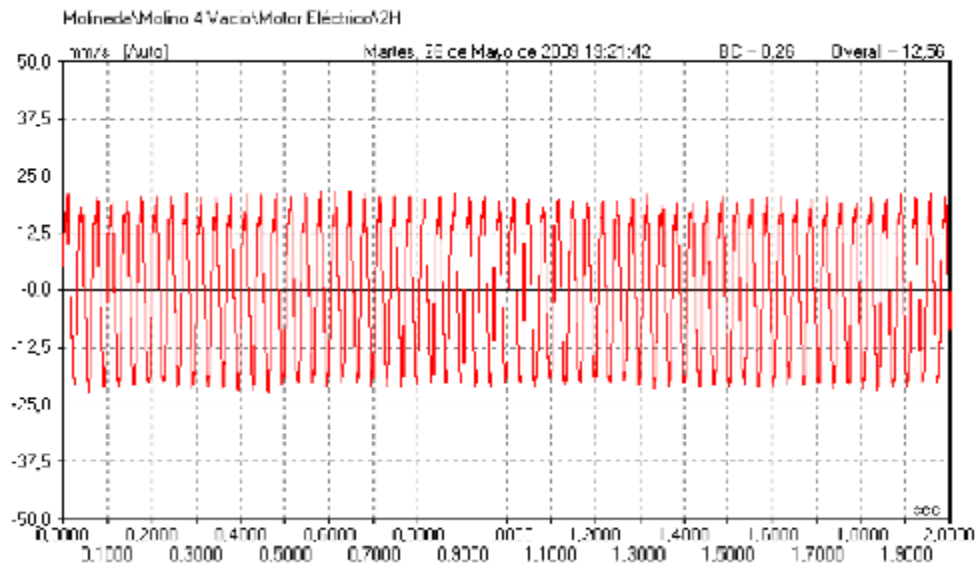
Las fuentes posibles de niveles altos de vibración incluyen cojinetes defectuosos y problemas de giros tales como desalineamiento y desbalance. La medición de la vibración total es la técnica más rápida para evaluar estado de maquinaria, pero esto es también todo lo que se puede hacer. Las señales de vibración de baja frecuencia pueden perderse en el “ruido” transmitido de otras áreas, tales como engranajes ruidosos, vibración estructural, etc.

La medición de vibración total es un buen comienzo cuando se compara con medidas pasadas, la vibración total determina si ha vibrado más de lo usual. Sin embargo, la medición de vibración total no mide con precisión señales de vibración de baja frecuencia en condiciones “ruidosas” y no indica la causa de la vibración excesiva.

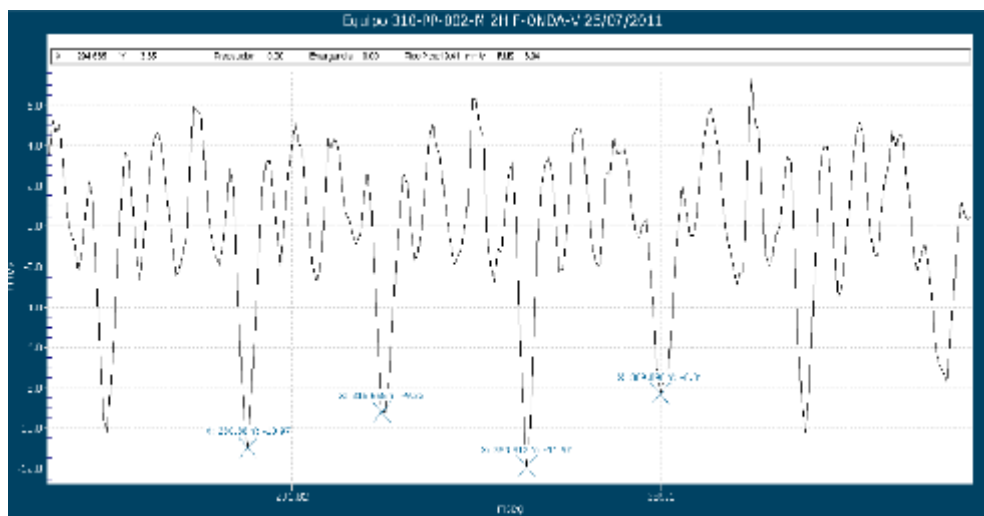


✓ **Análisis de ondas en el dominio del tiempo**

Con el Análisis de Ondas en el Dominio del tiempo, se pueden confirmar los diagnósticos observados en los Espectros FFT, como Desbalance, Desalineamiento, Soltura Mecánica, etc.

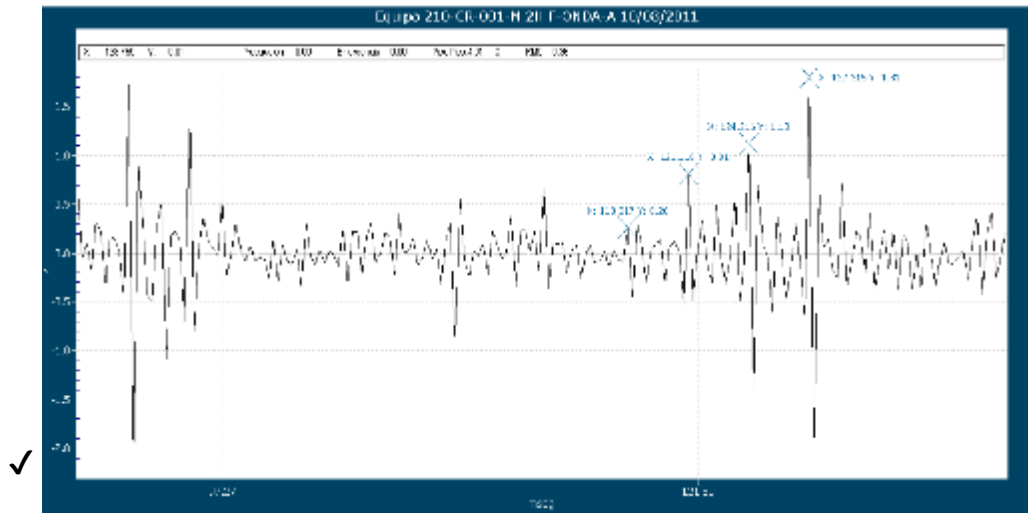


*Figura N° 12. Desbalance de masa.  
Fuente: Ademinsac, 2006*



*Figura N° 13. Desalineamiento de ejes horizontales.*

*Fuente: Ademinsac, 2006*



*Figura N° 14. Desarrollo de falla de rodamiento.*

*Fuente: Ademinsac, 2006*

### ▪ 2.5.3. Toma de temperatura

(Muñoz-Potosi, Pencue-Fierro, & León-Téllez, 2009) La termografía infrarroja es una poderosa herramienta para realizar el mantenimiento preventivo a herramientas y equipos, no obstante, la toma de muestras ha sido, hasta hace pocos años, muy costosa y poco accesible a la mayoría de sectores interesados. En los últimos años esta tecnología se ha tornado más viable económicamente y empiezan a aparecer numerosas aplicaciones que explotan sus ventajas. En este trabajo se analizan partes sometidas a estrés mecánico, térmico y eléctrico principalmente en motores de vehículos y en equipos industriales con el fin de establecer de manera rápida y confiable los puntos en donde es necesario revisar cuidadosamente el aparato para

impedir daños futuros (mantenimiento preventivo) y disminuir las secciones de mantenimiento correctivo. Se presentan varios casos en los que la imagen térmica resulta ser un factor fundamental para obtener información de la magnitud y localización del daño presente en el instrumento analizado.

Registro, adquisición y procesamiento de las imágenes Para el estudio de los interferogramas térmicos se tomó como objeto de estudio el sistema electromecánico de un disco duro de computador en funcionamiento y de un motor en un proceso de calentamiento y enfriamiento. En la figura 4 se observa el mapa térmico de cada uno de ellos:

Mediante rutinas en Matlab, se procesan las imágenes obtenidas, destacando los valores de temperatura máximos presentes en el sistema, al igual que los rangos de temperatura para los cuales cada dispositivo analizado funciona adecuadamente.

Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la toma de las imágenes fueron la temperatura ambiente y la toma de las imágenes se realizó en un periodo de captura de 5 segundos.



*Figura N° 15. Equipo de medición termografico.  
Fuente: Libro Palencia, O., (2012).*

## **2.6. Industria de cartón corrugado**

El mercado de corrugado es de suma importancia en la región de América latina, y los empaques de cartón corrugado son cada vez más un desafío en términos de estructuras y calidad de impresión. El cartón como material de embalaje es relativamente joven .si bien en un principio su atención se centraba en la tecnología de

producción, conforme pasaron los años la apertura de mercados y las exigencias logísticas de un mundo en constante evolución hicieron que la oferta del sector de corrugado sobrepase a la demanda de productos hechos con este material. De manera que se ha hecho real la necesidad d innovar en todos los aspectos que optimizan el ciclo de vida de las cajas en la cadena de suministros desde las características del papel con el que se fabrica la plancha, hasta el reciclado de estas así lo anota del Dr. Pedro Plaza especialista en el diseño gráfico y estructural de cajas de cartón. (Revista, ACCCSA. Edición, 39)

Para Javier Rivera Fournier, director ejecutivo de la Asociación de Corrugadores del Caribe, Centro y Sur América (ACCCSA), el mercado del cartón corrugado tiene un gran potencial a nivel mundial y su consumo ha aumentado con el paso de los años debido a que “diversos productos que consumimos a diario son embalados con cajas” .Manifestó, por ejemplo, que en el Perú existen grandes fabricantes de envases de cartón corrugado como Trupal y Carvimsa, pero hay empresas pequeñas pertenecientes a este mismo sector. “Sin duda, los empresarios han encontrado un importante nicho de mercado para producir cajas de cartón corrugado porque en el Perú hay un interesante consumo per cápita de diversos productos”

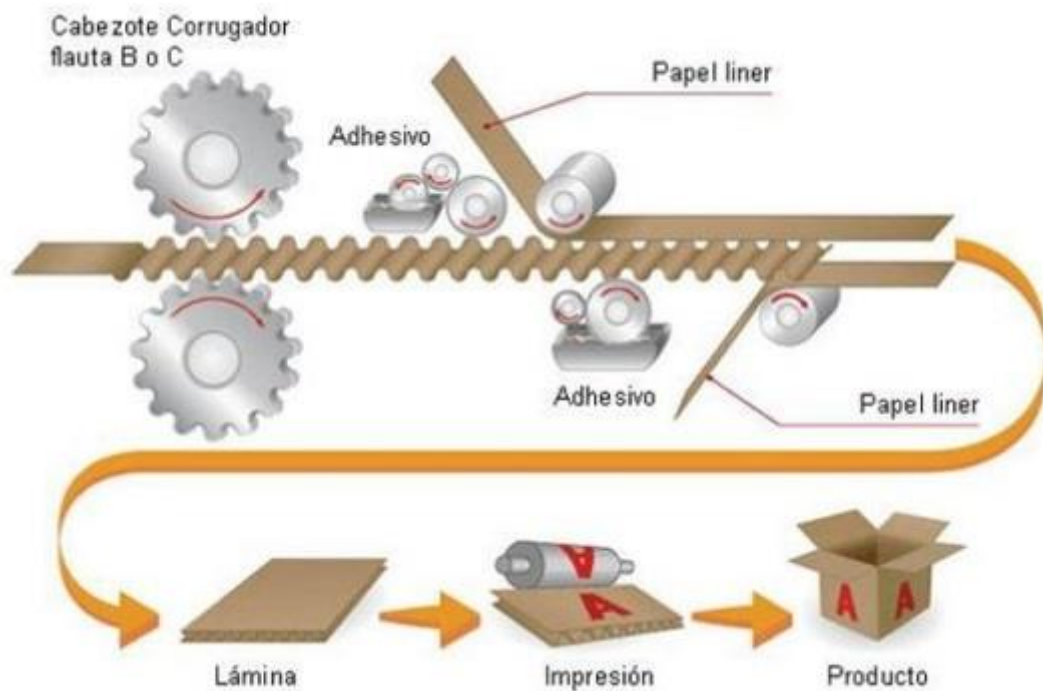


Figura N° 16. Proceso productivo de cartón corrugado en una empresa de papel.

Fuente: Empresa PK soluciones.

### 2.6.1. Proceso productivo de las cajas de cartón corrugado

Las cajas de Cartón Corrugado conforman un tipo de envase de múltiples cualidades y ventajas, son envases más económicos, muy livianos con respecto a su resistencia. De fácil y rápido armado. Sus paredes no dañan el contenido y absorben los impactos a que puedan ser sometidas en el manipuleo y transporte de estas.

El Cartón Corrugado está constituido por un nervio central, de papel grueso ondulado (Onda, Corrugar) reforzado externamente por dos capas de papel pegadas a cada lado del nervio, en los vértices de la ondulación, estas capas externas se denominan Tapas o Liners.

Para la elaboración del CARTÓN CORRUGADO, primero se moldea el papel onda, pasándolo entre dos masas dentadas, similares a un par de piñones, formando un infinito número de ondas inmediatamente después, los cartones planos son pegados a ambos lados de estas ondas obteniendo una estructura con elevada resistencia y rigidez en relación con su peso.

Se forma así un material liviano, cuya resistencia se basa en el trabajo conjunto y vertical de las tres láminas de papel.

La resistencia guarda relación directa con el grosor de los papeles que se utilizan y con la calidad de las materias primas que hayan entrado en la fabricación.

### Maquina corrugadora



*Figura 17.* Imagen de la línea de corrugadora de cartón.

Fuente. Elaboración propia (2022).

## 2.6.2. Características de las cajas de cartón corrugado

### Tipos de corrugado

#### a) Corrugado simple

Conformado por un cartón liner y un cartón medio corrugado.; Cartón corrugado plancha simple; Conformado por 3 hojas, pudiendo ser la flauta B, C ó E.

#### b) Cartón corrugado Doble plancha

Conformado por 5 hojas en las que se combinan 2, cualesquiera de las tres flautas disponibles.

**Flauta A:** Requerida para dar mayor amortiguación, pero por tener menos flautas por centímetro, la prueba de Flat Crush es la más baja entre todos los tipos de flauta.

**Flauta B:** Tiene mayor valor de Flat Crush, óptima resistencia al manipuleo, pero de resistencia media a la compresión. La calidad de impresión es muy buena por la cantidad de ondas por centímetro.

**Flauta C:** Esta es una flauta intermedia entre la A y la B. Es la más usada y tiene las mejores características de las dos.

**Flauta E:** Este tipo de flauta se usa para contener pesos livianos y su principal característica es la de ofrecer una magnífica superficie para las impresiones. Reemplaza con creces las características físicas a las cajas de cartón plano.

Comparación de los diferentes tipos de flauta

**Tipos de envases de cartón corrugado;** diseño de cajas industriales, troqueladas, mobiliario de cartón, diseño de packaging.

➤ Industrial

➤ Galletas



Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

- Aceites
- Snacks
- Textiles
- Pesca
- Calzados
- Agro
- Panetones

### **Tipos de envases y clientes**



*Figura N° 18.* Tipos de envases de cartón de los productos terminados.

*Fuente:* Elaboración propia

## Diseño de los envases de cartón corrugado

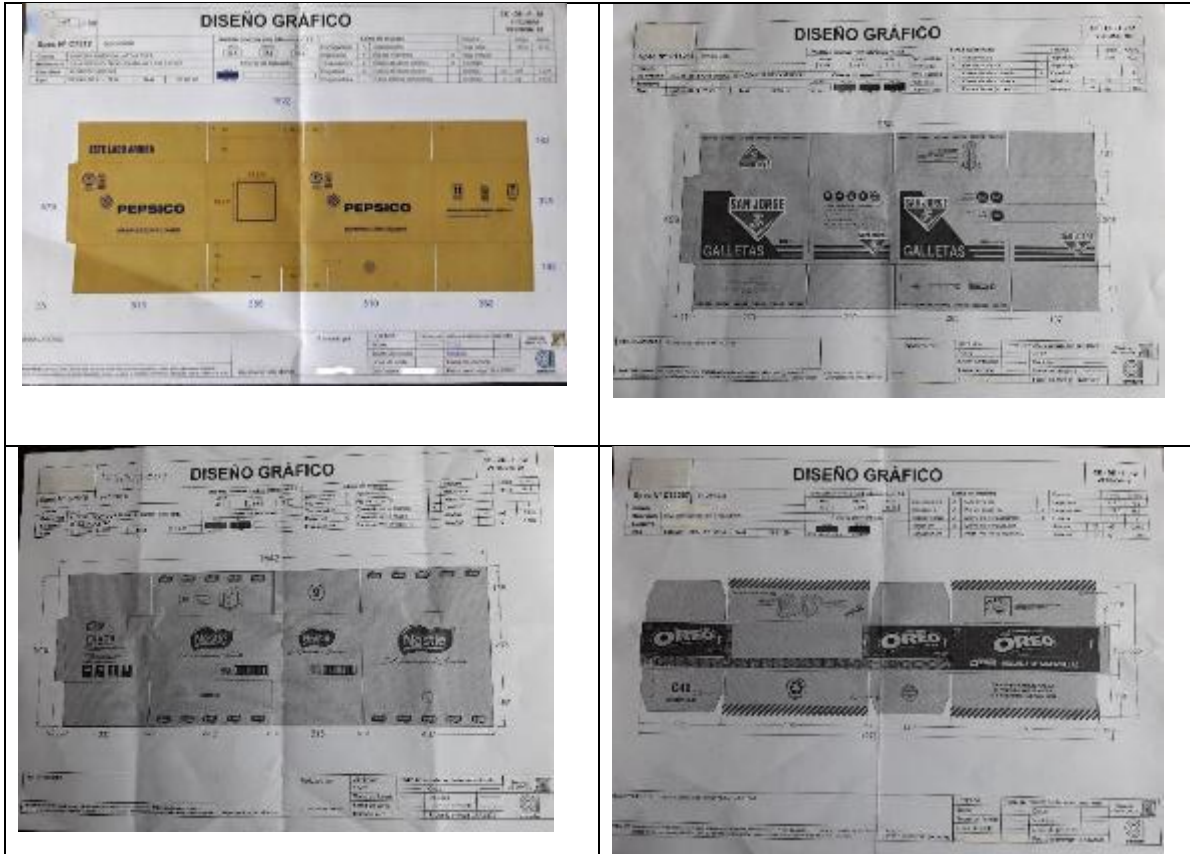


Figura N° 19. Diseño de envases de cartón.  
Fuente: Elaboración propia.

### 2.6.3 Metodologías y herramientas

#### Conceptos.

##### a) Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de cola de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de Grandal o diagrama causal, es un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez. Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el

problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o inputs, el proceso, y las salidas u outputs de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (feedback) para el subsistema de control.

## **b) Análisis de causa raíz**

Análisis de Causa Raíz (ACR o RCA en sus siglas en inglés) es un método para la resolución de problemas que intenta evitar la recurrencia de un problema o defecto a través de identificar sus causas.

Existen varias medidas efectivas (métodos) que abordan las causas raíz de un problema, Por lo tanto ACR es un proceso reiterativo y una herramienta para la mejora continua.

Esta metodología es usada normalmente en forma reactiva para identificar la causa de un evento, para revelar problemas y resolverlos. El análisis se realiza después de ocurrido el evento. Con un buen entendimiento de los ACR permite que la metodología sea preventiva y pronosticar eventos probables antes de que sucedan.

El análisis de causa raíz no es una metodología simple y definida; hay muchas herramientas, procesos y filosofías a la hora de realizar un ACR. Sin embargo, existen varios abordajes de amplia definición o corrientes que pueden identificarse por su tratamiento sencillo o su campo de origen: basados en la seguridad, basados en la producción, basados en los procesos, basados en las fallas, y basados en los sistemas.

- ✓ ACR basados en la seguridad provienen del campo de los accidentes y de la seguridad y salud laboral.
- ✓ ACR basados en la producción se origina en los campos del control de calidad para la manufactura industrial.
- ✓ ACR basados en los procesos es una variación de los ACR basados en la producción, pero con un alcance que se expandió para incluir a los procesos de los negocios.
- ✓ ACR basados en las fallas surge de las prácticas del análisis de fallas como se emplea en la ingeniería y mantenimiento.
- ✓ ACR basados en los sistemas es el resultado de la mezcla de corrientes anteriores, en conjunto a ideas tomadas de campos como gestión de cambios, gestión de riesgos y análisis de sistemas.

### c) **Análisis del árbol de Fallas**

El análisis del árbol de fallas (en inglés: Fault tree analysis, FTA) es un análisis de falla deductivo de arriba hacia abajo (descendente) en el que se analiza un estado no deseado de un sistema utilizando la lógica booleana para conjugar una serie de eventos de bajo nivel. Este método de análisis se utiliza sobre todo en los campos de

ingeniería de seguridad e ingeniería de fiabilidad para comprender cómo los sistemas pueden fallar, para identificar las mejores formas de reducir un riesgo o para determinar (o comenzar a comprender) tasas de eventos de un accidente de seguridad o una falla (funcional) de un nivel en particular de un sistema. El FTA se aplica en la industria aeroespacial, en la ingeniería nuclear, en la industria de química y procesos, en la industria farmacéutica, en la industria petroquímica y en otras industrias de alto riesgo; pero también se aplica en campos tan diversos como la identificación de factores de riesgo relacionados con el sistema de fallo del servicio social, lo mismo que en la ingeniería de software, para propósitos de depuración.

Está estrechamente relacionado con la técnica de eliminación de causas utilizada para detectar errores de código.

En la industria aeroespacial, el término general condición de falla del sistema se usa para el estado no deseado o estado superior del árbol de falla. Estas condiciones se clasifican en función de la severidad de sus efectos. Las condiciones más graves requieren el análisis más extenso del árbol de fallas.

#### **d) Diagrama de Pareto**

Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar.

También se conoce como “Diagrama ABC” o “Diagrama 20-80”.

Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él.

## ○ 2.7 Glosario de términos

1. Mantenimiento correctivo. – Mantenimiento que se lleva a cabo después de haber reconocido la existencia de una avería, afín de devolver a la pieza de equipo aquel estado que le permita realizar una función requerida.
2. Mantenimiento preventivo: Mantenimiento realizados a intervalos predeterminados o según criterios prescritos y cuyo fin es reducir la probabilidad de avería o el deterioro del funcionamiento de un aparato.
3. Mantenimiento predictivo: Mantenimiento basado en la determinación del estado de la maquina en operación. el concepto se basa en que las maquinas darán un tipo de aviso antes que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.
4. Falla. - Estado de un componente caracterizado por su incapacidad de realizar una función requerida.
5. Gramaje: peso del papel en gramos por metro cuadrado de papel liner médium, o cartón corrugado
6. Humedad: cantidad de agua presente en el papel (se expresa en porcentaje)
7. Glue Machine: maquina engomadora que sirve para colocar adhesivo en las ondas corrugadas que forman el cartón.
8. Single face : parte de un corrugador que tiene un rollo de papel liner y medio y los combina en el tablero single face , los rodillos acanalados en forma single face el medio en flautas el medio en flautas y adhiere el medio estriado al cartón revestido con un adhesivo aplicado en las puntas de la flauta.

9. Slitter score: son maquinas utilizadas para el corte de servicio pesado, materiales rígidos y pesados.
10. Cartón corrugado: es la estructura formada por el conjunto de varias hojas de Papel liner unidas por medio de uno o varios papeles ondulados llamado médium, también conocido como lamina de cartón ondulado.
11. Descuadre: es el desalineamiento que existe entre los cuerpos externos del empaque durante su cierre, manifestándose en una mala alineación en los scores superiores e inferiores.
12. Flauta: la formación de diferentes tipos de ondulaciones.
13. Papel liner : papel utilizado como recubrimiento en la formación del ondulado o corrugado medio.
14. Papel médium: Es el papel utilizado en la formación del ondulado o corrugado medio.
15. Score: son los marcados o rayados que delimitan las diferentes secciones o cuerpo de una lámina o caja corrugada.
16. Condensación: es el cambio físico de un refrigerante de líquido a gas
17. CMT ( Corrugated Medium Test ) : Es la resistencia física al aplastamiento de la onda del papel corrugado, este valor está en función al peso base del papel.
18. Adhesivo : Una mezcla de almidón corriente, modificado, bórax o ácido bórico, soda cáustica, agua, aditivos y resinas para resistencia a la humedad (éstos dos últimos en algunos casos) conforman el adhesivo.

19. Rodillo anilox : es un elemento de un sistema de impresión de tinta y, como medio de almacenamiento, es el encargado de proporcionar una cantidad definida de tinta durante el proceso de impresión.
20. Palets : paletas es un armazón de madera, plástico u otros materiales que se emplean en el movimiento del material, y que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas.
21. Flexografía : es un tratamiento de una imagen sobre el papel y otros.
22. Cuchilla de corrugadora: Máquinas donde se hace el corte transversal y longitudinal de la plancha de cartón de acuerdo con las medidas ingresadas en un ordenador.
23. Stacker: Lugar donde se apilan las planchas de cartón producidas.
24. Calibre del papel: el espesor del papel es el calibre, expresado en milésima de pulgada.
25. Reventamiento : es la presión necesaria para producir la ruptura del cartón en sus tres capas



## CAPÍTULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA

### ○ 3.1. Diagnostico situacional

La empresa corrugadora de papel tiene inconvenientes en el proceso productivo de la línea de corrugado por paradas inesperadas, por defectos de los componentes de la maquina y esto trae como consecuencia en los retrasos de entrega de los pedidos de los

clientes, ello se debe a la falta de mantenimiento preventivo en el equipo corrugador, y esto afecta en la línea de fabricación de cartón.



*Figura 20.* Foto general de la línea de corrugado de la fábrica de cartón

Fuente. Elaboración propia (2022)

▪ **3.1.1 Situaciones actuales de la corrugadora**

**a) Rodillo corrugador superior e inferior.**



*Figura 21. Desgaste en rodillo corrugador*

*Fuente. Elaboración propia (2022)*

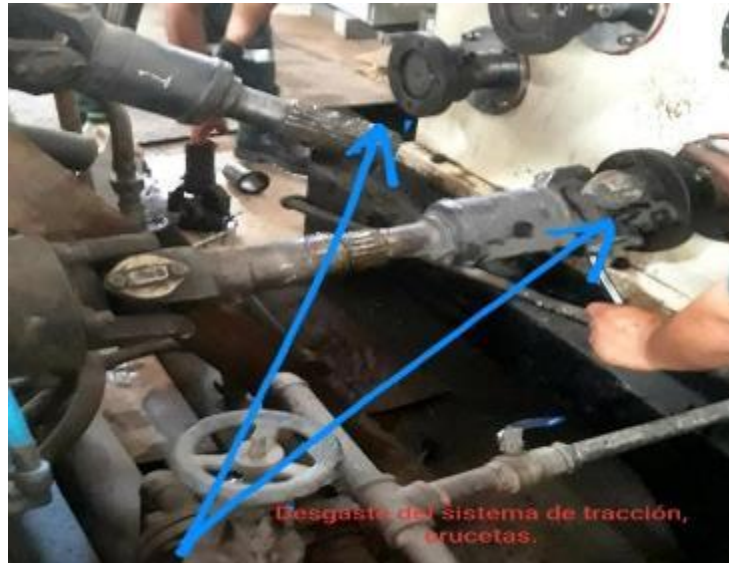
**b) Rodillo anilox dosificador**



*Figura 22. Desgaste prematuro de rodillo anilox dosificador*

*Fuente. Elaboración propia (2022)*

**c) Sistema de tracción crucetas**



*Figura 23.* Foto de desgaste de crucetas

Fuente. Elaboración propia (2022)

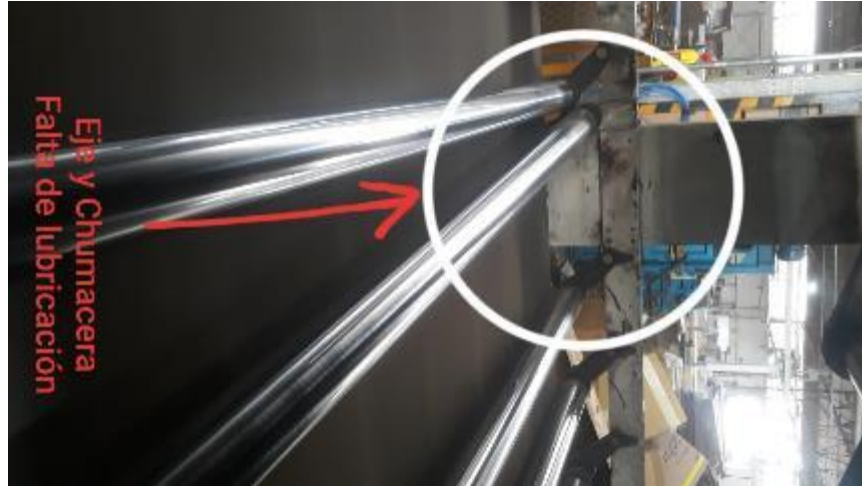
**d) Meza de secado**



*Figura 24.* Foto actual de mesa de secado

Fuente. Elaboración propia (2022)

**e) Eje y chumacera**



*Figura 25.* Foto actual de eje y chumacera

Fuente. Elaboración propia (2022)

**f) Rodillo engomadora anilox del glue machine**



*Figura 26.* Foto actual de eje y chumacera

Fuente. Elaboración propia (2022)

### ▪ 3.1.2 Recopilación de la lluvia de ideas

En la línea de fabricación de cartón tenemos paradas imprevistas debido a diferentes fallas en la maquina corrugadora, a continuación, se menciona los problemas detectados:

- ✓ Falta de limpieza en rodillo corrugador superior e inferior, rodillo anilox dosificador.
- ✓ Desgaste permanente del sistema de tracción con crucetas de cardanes de corrugadora.
- ✓ Falta de lubricación en el rodillo anilox en el Glu Machine.
- ✓ Desgaste de rodamiento en los polines de mesa de secado.
- ✓ Eje y rodamientos, falta de lubricación chumaceras de pie en mesa de secado.
- ✓ Falta de capacitación del personal operativo/técnico.
- ✓ Falta de calidad en los trabajos realizados.
- ✓ Falta de uso de los implementos del epp.

La línea corrugadora esta siempre funcionando día y noche, y para ello las diferentes áreas de la empresa están involucrados, las paradas de maquina en su mayoría se da debido a fallos en el equipo. Ya sea por mala práctica en el uso de equipo, mantenimiento preventivo a destiempo, repuestos en espera prolongado, desconocimiento del personal técnico en mantenimiento y/o reparación de este.

En la actualidad no se tiene procedimientos de intervención al equipo, carece de check list mantenimiento, y dichas fallas trae como consecuencia realizar

mantenimiento correctivo, y este a su vez paradas en el proceso de fabricación de cartón corrugado provocando pérdidas económicas, deficiencia en la entrega de pedidos al cliente.

**a) Priorización de problemas en las distintas áreas**

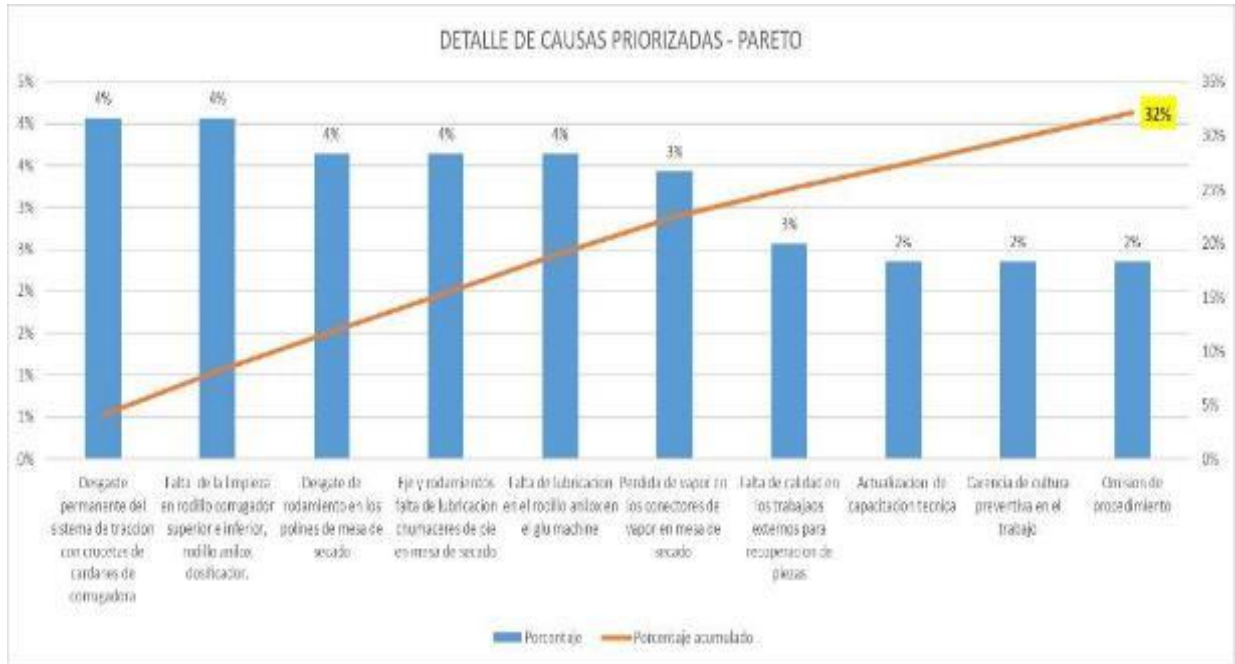


*Figura 27.* Resultados de la aplicación estadístico de las diferentes áreas.

*Fuente:* Elaboración propia (2022).

En este grafico se observa un cuadro de priorización de los principales problemas que se ha identificado en la lluvia de idea, el resultado de la aplicación estadístico de las diferentes áreas y la prioridad para la mejora de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES.

**a) Gráfico de causas priorizadas**



*Figura 28.* Resultados de la aplicación de la lluvia de ideas relacionados con los problemas y fallas.

*Fuente:* Elaboración propia (2022).

En el gráfico de causas priorizadas se observa en mayor porcentaje las fallas más relevantes que ocasionan la parada del proceso productivo, que afecta directamente al equipo corrugador de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES.

▪ **3.1.3. Análisis y caracterización del proceso actual.**

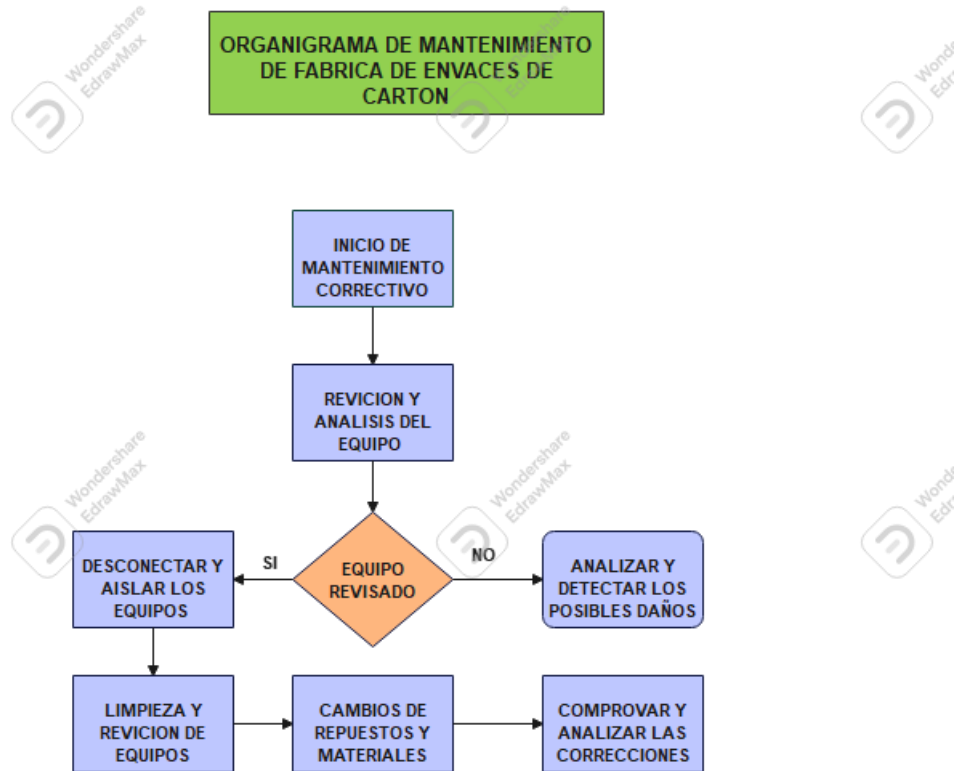


Figura 29. Flujograma actual del proceso de mantenimiento.  
Fuente: Empresa PK SOLUCIONES.

▪ **3.2.4. Plan de mantenimiento actual de la línea de corrugador**

En la actualidad la empresa de envases de cartón tiene una actividad de mantenimiento correctivo dentro de la empresa, estas actividades correctivas han sido adquiridas y propuestas con los años de experiencia de los colaboradores y en parte de los fabricantes del equipo para su respectivo mantenimiento preventivo.

Al respecto cabe mencionar que estas actividades que se realizan son cuando la maquina tiene una falla o deja de operar, por lo siguiente este plan tiene como dinámica



corregir y algunas veces prevenir para luego intervenir en las paradas inesperadas, y podemos deducir que nuestra experiencia laboral que carece de procedimientos de datos confiables e información, medición de una metodología para poder tener las predicciones confiables de los indicadores. En esta parte indicaremos su actual plan de mantenimiento para la línea de corrugado.

Tabla 1. *Actividades del mantenimiento línea de la corrugadora actual.*

N.º-De la actividad	Descripción de la actividad	Descripción del planeamiento	Equipo	Sistema	Personal y sección
0010	Corrugador mantenimiento preventivo	Mantenimiento preventivo de la corrugadora	Onda C	corrugadora	Mecánico y Eléctrico
0020	Lubricación en los equipos de corrugado	Revisión de las poleas y chumaceras	Línea de corrugado	de corrugador	Mecánico
0030	Mantenimiento Mecánico y Eléctrico Preventivo	Verificar rodillos onda B y C	Onda B y C	Mesa de secado	Mecánico
		Verificar rodillo de presión	Onda B y C	corrugadora	Mecánico
		Verificar correas y poleas	Torre precalentador	corrugadora	Mecánico
		Verificar la porta bobinas B	Onda B y C	corrugadora	Mecánico
		Verificar poleas y chumaceras	Mesa de secado	corrugadora	Mecánico
		Verificar la porta bobinas C	Onda B y C	corrugadora	Mecánico
		Verificar las cadenas	Corrugadora	corrugadora	Mecánico
		Verificar cuchillas slitter	Slitter	corrugadora	Mecánico
0040	Inspección de correas y fajas	Verificar las poleas de mesa	transmisión	corrugadora	Mecánico
0050	Mantenimiento y limpieza del glue machine	Verificar los rodillos anilox	Glue machine	corrugadora	Mecánico
0060	Mantenimiento preventivo bomba de goma	Verificar las bombas de goma y tuberías, manguera	Mesa secado	Corrugadora	Mecánico
0070	Mantenimiento preventivo del sistema de transmisión	Verificar motor de transmisión de equipo corrugador	Sistema de transmisión	de Corrugadora	Mecánico

Fuente: Elaboración propia (2022)

○ 3.2. Análisis de indicadores de fallas actuales

MAQUINA CORRUGADORA, FALLA MES DE ENERO 2022					
EQUIPO	TIPOS DE FALLAS	SEMANA 1/min	SEMANA 2/min	SEMANA 3/min	SEMANA 4/min
porta bobina hidráulico onda "c"	falla mecánica	140	60	90	55
cardan de corrugadora "b"	rotura de pernos del acople	45	40	45	40
corrugadora "b"	falta de presión	45	110	65	65
porta bobina eléctrico onda "b"	rotura de manguera	50	120	55	52
corrugadora "c"	falla eléct., rotura eléctrica	45	45	40	60
cardan de corrugadora c	falta de lubricación	50	40	65	65
elevador de single	rotura de soporte de la faja	45	50	60	50
porta bobina eléctrico onda "c"	ajuste de perno y desgaste	60	45	45	60
porta bobina hidráulico onda "c"	perdida de aceite	75	25	45	30
precalentador 3 cuerpos	rotura de cadena	56	30	60	45
glue machine superior	limpieza d la maquina	50	65	45	60
glue machine inferior	rotura de tubería de goma	65	60	60	70
freno de papel	Ajuste pernos chumacera	50	65	92	60
mesa secado- chumaceras de pie	lubricación y limpieza	45	168	50	60
mesa secado- zona enfriamiento	pañó desnivelado	65	55	60	45
mesa de secado-polines guidores	falla eléctrica	95	40	30	55
sliter 1	cambio de cuchilla nueva	60	65	55	50
sliter 2	desgaste de cuchilla	30	40	48	65
cut off	parada inesperada, eléctrica	45	48	60	60
staker	rotura de cadena	65	65	135	80
mesa de secad	empaquetadura gastada	68	60	65	50
corrugadora	rotura de faja	128	55	45	45
corrugador onda b	limpieza de tablero	50	35	60	35
glue machine	atoramiento de papel	30	47	40	60
corrugadora	perdida vapor junta rotativa	60	36	110	37
corrugadora onda c	rotura faja puente elevador	48	30	60	54
mesa de secado	perdida de aire	70	60	45	45
cut off	cambio de cuchilla nueva	50	135	70	35
staker	rotura de polín	45	45	30	45
slitter	rotura de manguera de aire	38	30	45	55
<b>total, de minutos parados de la maquina corrugadora por semana</b>		<b>1768</b>	<b>1769</b>	<b>1775</b>	<b>1588</b>
			<b>total, en minutos</b>		<b>6900</b>

Figura 30: Cuadro de falla de mes de enero.

Fuente: Elaboración propia (2022)

MAQUINA CORRUGADORA, FALLA MES DE FEBRERO 2022					
EQUIPO	TIPOS DE FALLAS	SEMANA 1/min	SEMANA 2/min	SEMANA 3/min	SEMANA 4/min
porta bobina hidr. onda "c"	falla mecánica	140	60	90	55
cardan de corrugadora "b"	rotura de pernos del acople	45	40	45	40
corrugadora "b"	falta de presión	45	110	65	65
porta bobina eléctrico onda "b"	rotura de manguera	50	120	55	52
corrugadora "c"	falla eléct., rotura eléctrica	45	45	40	60
cardan de corrugadora c	falta de lubricación	50	40	65	65
elevador de single	rotura de soporte de la faja	45	50	60	50
porta bobina eléctrico onda "c"	ajuste de perno y desgaste	60	45	45	60
porta bobina hid. onda "c"	perdida de aceite	75	45	45	60
precalentador 3 cuerpos	rotura de cadena	56	60	60	45
glue machine superior	limpieza d la maquina	50	65	45	60
glue machine inferior	rotura de tubería de goma	65	60	60	70
freno de papel	ajuste de pernos chumacera	50	65	120	60
mesa secado- chumaceras pie	lubricación y limpieza	45	168	50	60
mesa secado- zona enfriamiento	pañó desnivelado	65	55	60	45
mesa secado-polines guidores	falla eléctrica	95	40	30	55
sliter 1	cambio de cuchilla nueva	60	65	55	50
sliter 2	desgaste de cuchilla	30	40	48	65
cut off	parada inesperada, eléctrica	45	48	60	60
staker	rotura de cadena	65	65	135	120
mesa de secad	empaquetadura gastada	68	60	65	50
corrugadora	rotura de faja	128	55	45	45
corrugador onda b	limpieza de tablero	50	35	60	35
glue machine	atoramiento de papel	60	50	40	60
corrugadora	perdida vapor junta rotativa	60	36	110	37
corrugadora onda c	rotura faja puente elevador	48	69	120	54
mesa de secado	perdida de aire	90	60	45	45
cut off	cambio de cuchilla nueva	50	135	70	35
staker	rotura de polín	45	45	30	45
slitter	rotura de manguera de aire	38	30	45	55
<b>total, de minutos parados de maquina corrugadora por semana</b>		<b>1818</b>	<b>1861</b>	<b>1863</b>	<b>1658</b>
			<b>totales en minuto</b>		<b>7200</b>

Figura 31: Cuadro de falla de mes de febrero.

Fuente: Elaboración propia (2022)

MAQUINA CORRUGADORA, FALLA MES DE MARZO 2022					
EQUIPO	TIPOS DE FALLAS	SEMANA 1/min	SEMANA 2/min	SEMANA 3/min	SEMANA 4/min
porta bobina hidráulica	rotura de disco	60	60	90	60
mesa de secado	fuga de vapor	120	110	60	120
mesa de secado	pañó desnivelado	50	90	65	70
corrugadora " b"	bomba en desperfecto	110	90	75	70
corrugadora " b"	tubo de succión rotura	60	70	60	128
glue machine	tubería de goma suelta y rota	60	120	168	60
mesa de secado	polín templador mal ajuste	70	90	60	75
slitter	cambio de cuchilla	95	95	90	60
staker	falta de pallets	60	60	65	60
cut off	parada de motor	55	28	120	90
porta bobina hidráulico onda "c"	perdida de aceite en los pistones	220	55	78	90
cardan de corrugadora "b"	desgaste de pernos de acople	120	230	65	60
corrugadora "b"	falla eléctrica	120	55	50	90
porta bobina eléctrico onda "b"	falla eléctrica	60	65	55	90
corrugadora "c"	perdida de presión rodillo infer.	120	60	60	75
cardan	falta de limpieza	55	55	65	80
elevador de single	rotura de faja	90	90	60	90
porta bobina eléctrico onda "c"	faltade presión en los frenos	50	50	55	60
porta bobina hidráulico onda "c"	rotura de manquera de aceite	95	120	60	70
precalentador 3 cuerpos	perdida de vapor	60	65	135	78
glue machine superior	falta de limpieza	45	45	45	60
glue machine inferior	chumacera deteriorada	90	120	55	65
freno de papel	polín inferior desgaste	90	60	60	45
mesa de secado- chumaceras de pie	falta de lubricación	40	75	40	65
<b>total, de minutos parados de la maquina corrugadora por semana</b>		1995	1958	1736	1811
			<b>Total, en minuto</b>		<b>7500</b>

Figura 32: Cuadro de falla de mes de marzo.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES



Figura 33. Diagrama de Pareto, Cuadro de fallas mes de enero 2022.

Fuente: Elaboración propia (2022).

○ **3.3. Determinación de la brecha**

Tabla 2 *Determinación de la brecha*

la empresa debería estar con cero fallas ó como máximo 1 o 2 fallas al trimestre

Sin embargo, tiene 1 falla por semana, lo cual significa 12 fallas en 1 trimestre.

La brecha sería:

**LO QUE DEBE SER**

**2 FALLAS TRIMESTRE**

**LO QUE REALMENTE OCURRE**

**12 FALLAS TRIMESTRE**

La falla en un trimestre debe ser como máximo (2 fallas), en la realidad actual lo que ocurre en un trimestre es (12 fallos). La brecha obtenida después del análisis de las fallas ideales y de las que realmente ocurre es de (10 fallos) por trimestre.

**BRECHA = 10 FALLAS ADICIONALES POR TRIMESTRE**

Fuente: Elaboración propia (2022).

○ **3.4. Determinación de la problemática y causas raíz**

Se realizó el análisis de causa raíz, utilizando la herramienta del Diagrama de Ishikawa, donde se determina muchas causas, las cuales podemos ver en fig. x, la falta de procedimientos y chek list como causa más prioritaria para la mantenibilidad del equipo. Las causas mencionadas afectan la mala toma de decisiones al realizar mantenimiento y el mantenimiento programado no existe, y es por ello la falla en distintos puntos de la máquina de fabricación de cartón corrugado.

Este método facilito el desarrollo de la causa raíz, podemos decir que un inadecuado mantenimiento preventivo en la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES, da lugar a una nueva propuesta de mantenimiento preventivo.

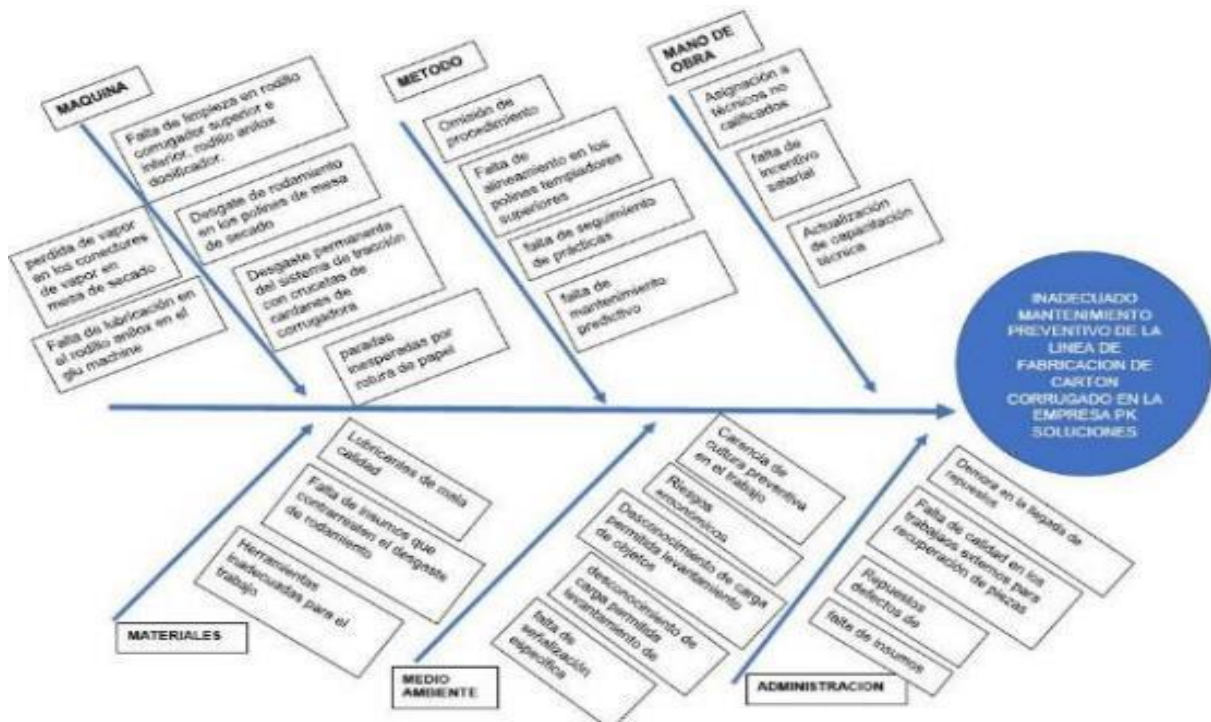
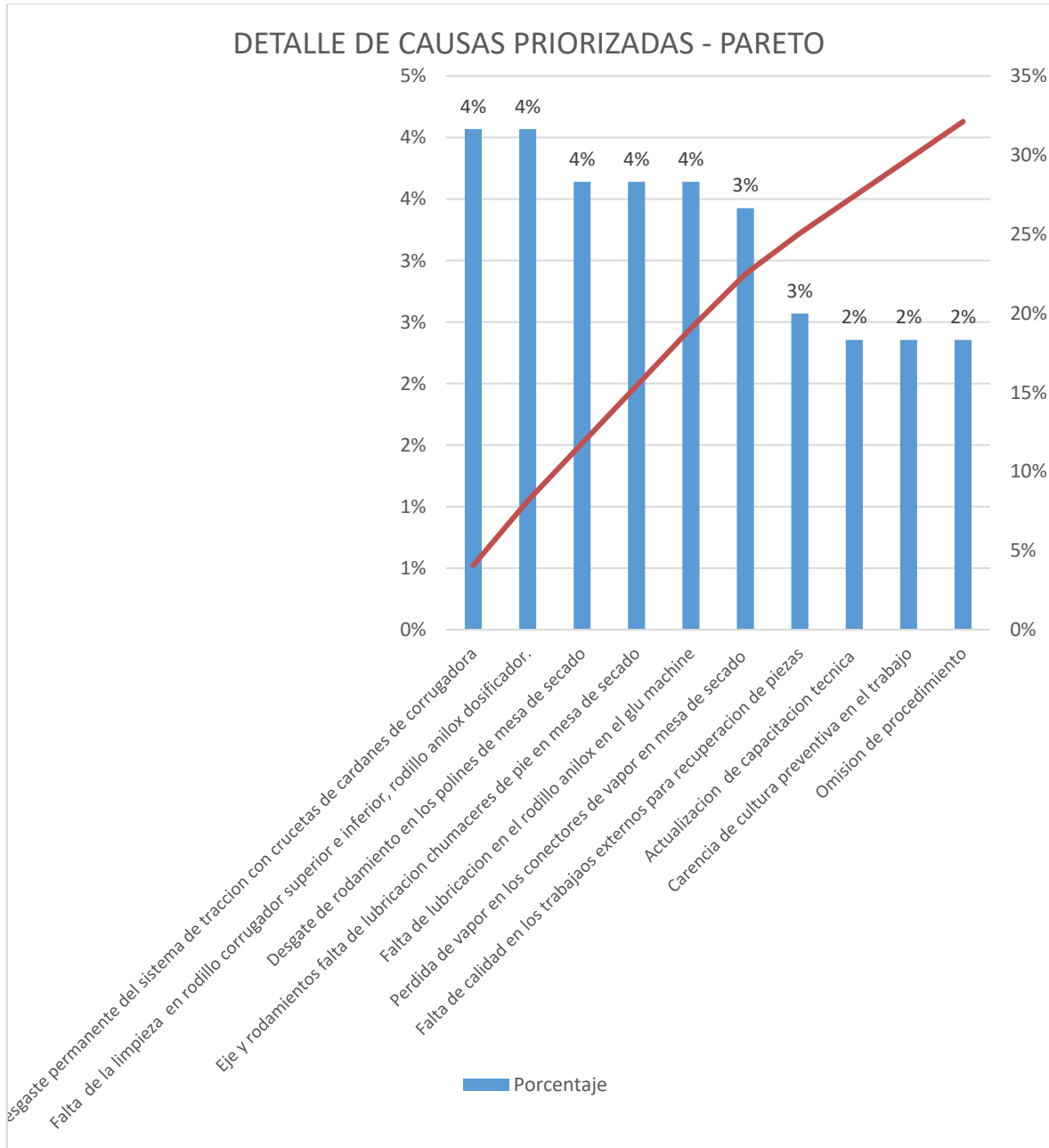


Figura 34: Diagrama de Ishikawa para determinar la problemática.

Fuente: Elaboración propia (2022).

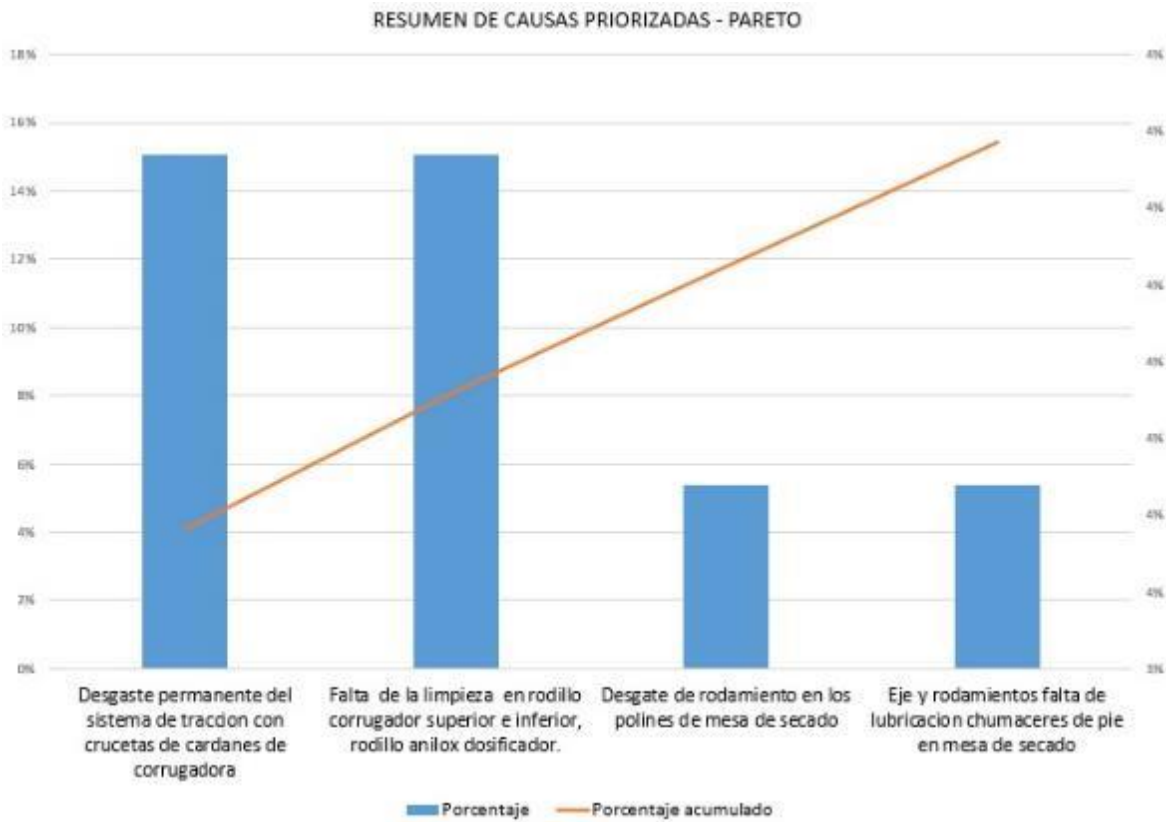
Se analizó que las principales causas raíz son:



*Figura 35: Detalle de causas priorizadas.  
Fuente: Elaboración propia (2022).*



Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES



*Figura 36: Resumen de causas prioritizadas.  
Fuente: Elaboración propia (2022).*

○ **3.5. Determinación de la propuesta de solución**

**Planteamiento de propuestas de solución**

Para el presente trabajo de investigación, se propone realizar 02 alternativas de solución:

- A) Mejora del servicio del mantenimiento preventivo, de la empresa pk soluciones, en la línea fabricación de cartón corrugado en una empresa de papel

Se propone realizar la mejora del Servicio de Mantenimiento Preventivo, que la empresa PK solución brinda a la una empresa de papel, en la línea de fabricación

de cartón corrugado, con ello para asegurar la disponibilidad operativa de los equipos, logrando así, aportar al cumplimiento de la meta de producción.

B) Implementar modernización de equipos en la línea de fabricación de cartón corrugado en una empresa de papel

Esta propuesta implica renovar las maquinarias, que ya están obsoletas, buscando incrementar la capacidad tecnológica de la planta, lo cual implica, alta inversión y remodelación del layout de la planta.

### ○ 3.6. Evaluación y selección de la propuesta de solución

Para ello se realizará la evaluación de las alternativas de solución tomando en cuenta los siguientes criterios:

a) Viabilidad de la implementación

Se refiere a la facilidad de poder implementar la solución en la empresa, para ello se debe tomar en cuenta los recursos físicos y económicos.

b) Innovación y tecnología

El criterio se refiere a mejorar los procedimientos de control y monitoreo, para adaptarme a los cambios tecnológico y buenas prácticas de manufacturas.

c) Responsabilidad social (Seguridad Industrial)

Medición del compromiso de la empresa en el cuidado del colaborador al realizar sus labores diarias en la empresa.

d) Mejora en producción

Consiste en lograr aportar a incrementar la disponibilidad de los equipos, y así aportar al incremento de la producción, logrando afianzar la rentabilidad económica.

A continuación, se presenta la matriz de evaluación de alternativas de solución

**PRIORIZACIÓN POR MATRIZ DE PONDERACIÓN**

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	CRITERIOS				TOTAL	%	RANKING DE PRIORIZACIÓN
	VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN	INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA	RESPONSABILIDAD SOCIAL	MEJORA EN PRODUCCIÓN			
ALT. 1 -A) Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo, para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa pk soluciones.	5	3	3	4	15	56%	OK
ALT. 2 - B) Implementar modernización de equipos en la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa pk	4	3	2	3	12	44%	NG
<b>TOTAL</b>					<b>27</b>	<b>100%</b>	
<b>PRIORIZADO</b>					<b>ALT.1</b>		
<b>% DE LO PRIORIZADO</b>						<b>56%</b>	

Figura 37: En el cuadro se observa la alternativa de solución.

Fuente: Elaboración propia (2022)

**Conclusión:** De la evaluación, se ha elegido la alternativa A), “Propuesta de mejora del servicio del mantenimiento preventivo, para incrementar la disponibilidad

operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa pk soluciones, la cual tiene un ponderado de 15 puntos, siendo la más conveniente a ser implementada en la empresa. El criterio de viabilidad de la implementación y mejora en la producción son los más resaltantes dentro de las dos propuestas, las cuales tienen una escala mayor con respecto a las otras, siendo la alternativa 1, la que mejor se adecua a la necesidad de la empresa de cartón corrugado.

○ **3.7. Entrevistas a expertos profesionales del mantenimiento industrial de papel**

▪ **3.7.1. Entrevista N°1**

En esta oportunidad en nuestro trabajo de investigación y en la experiencia en la mejora de mantenimiento industrial, tuvimos la suerte y la oportunidad de entrevistar y recibir sus opiniones de los profesionales de mantenimiento de planta en la industria del papel y envases de cartón, donde con la experiencia de trabajo profesional, nos asesora los alcances los temas necesarios para esta elaboración de la implementación de mejora en la planta de proceso del cartón corrugado.

El ing. PATRICIO FLORENCIO, Egresado de la Universidad de Ingeniería actual Gerente General de la Empresa de servicios TAPPI-Perú E.I.R.L nos brindó sus conocimientos y experiencia en los principios fundamentales del mantenimiento industrial papelera con más de 25 años que viene laborando y dando servicios industriales a diferentes empresas que están en el rubro de la fabricación de papel.



*Figura 38.: Ing. Patricio Florencio, Gerente General TAPPI-Perú E.I.R.L.  
Fuente: Elaboración propia (2022)*

Con un amplio estudio y conocimiento nos relató la importancia de los diferentes tipos de mantenimiento en la industria del papel y del cartón corrugado, señalan que para el crecimiento de una empresa. Es muy importante que todos los actores de esta organización sean conscientes de que para crecer y desarrollarse en un mundo tan competitivo como es la industria del papel, se debe demandar, la colaboración también se debe aportar. Esto significa el fortalecimiento de la organización, el desarrollo y la implementación en todas las actividades para la innovación, también la investigación a largo y mediano plazo, para poder generar ese cambio que necesita la empresa y las organizaciones.

En esta entrevista que nos aceptó el ingeniero en mención, ha servido para fortalecer el esquema investigativo de nuestro trabajo en esta entrevista nos resulta muy relevante para poder realizar la implementación que efectuaremos adelante, y agradecer por su tiempo y paciencia para con nosotros.

### ▪ 3.7.2. Entrevista N°2

El Tec. Alfredo Larota Quispe, Egresado de Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI) Actual Supervisor Especialista eléctrico en mantenimiento preventivo en la empresa de la Empresa de servicios DISTRIBUCIONES DIESEL PERÚ S.A.C, nos brindó sus conocimientos y experiencia en los principios fundamentales del mantenimiento industrial de equipos eléctricos mecánicos, con más de 16 años de trayectoria y experiencia dando servicios industriales a diferentes empresas que están en el rubro de mantenimiento de equipos industriales como: alternadores, motores eléctricos, fresadoras, rectificadoras, molinos, torno CNC y equipos referentes a la fabricación de papel.



*Figura 39.:* Técnico eléctrico mecánico Alfredo Larota Quispe, Supervisor Especialista Distribuciones Diesel - Perú S.A.C.

*Fuente:* Elaboración propia (2022)

Con capacitación y la experiencia el técnico nos relata la importancia de los diferentes tipos de mantenimiento en la industria de equipos eléctricos mecánicos en la industria de papel, da a conocer en su experiencia la importancia de una gestión de procesos en mantenimiento preventivo a los equipos críticos que con llevarían a pérdida de producción y recomienda implementar procedimientos y check list de trabajos que afectan directamente al proceso productivo. Desde la capacitación técnica y la adquisición de herramientas y equipos especiales para la solución pronta y eficiente y ser más competitivo en el mercado y satisfacer las necesidades de los clientes. El especialista culmina su entrevista recomendando la implementación de nuevos métodos de trabajo y la alineación de la gerencia con todos sus colaboradores para ser competitivo, estar innovando siempre a la par con la tecnología y contribuir con el desarrollo de la sociedad en su conjunto.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

- **4.1. Desarrollo de la mejora (Implemento mejora)**
  - **4.1.1. Planificación del proyecto de mejora**

Para el desarrollo de la mejora se está proponiendo implementar herramientas de gestión en el área de mantenimiento, entre ellas tenemos:

- Check list
- Procedimiento de trabajo
- Indicadores de productividad
- Gráfico de control
- Evaluación técnico económico

- **4.1.2. Desarrollo de la mejora**

Incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado, a través de la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo en la empresa PK SOLUCIONES.

Para ello se realizará:

✓ **Diagnóstico situacional:**

Del análisis previo, se ha obtenido, que se tiene 12 fallas por trimestre, cuando lo aceptable debería de ser 2 fallas en dicho periodo.

Adicionalmente se ha reportado, paradas intempestivas de la maquina en componentes críticos de la corrugadora.



### ✓ **Análisis del servicio de mantenimiento preventivo.**

Mejorar la gestión del servicio de mantenimiento en la línea de fabricación de cartón corrugado, de la empresa PK SOLUCIONES

Para lograr este objetivo se realizará:

### ✓ **Lista de componentes críticas**

- **Rodillo corrugador superior e inferior:** Parte principal de la corrugadora tiene como función la presión que ejerce esta en el papel para ser la forma de flauta o la onda de medidas diferentes. El ajuste de este equipo es importante pues si no la tiene provoca paradas en la operación, es crítico esta parte de componente ya que podría averiarse prematuramente.
- **Rodillo anilox dosificador:** Los rodillos dosificadores en la máquina de corrugado onda B Y C mantiene una distribución uniforme y la aplicación de una cantidad necesaria de recubrimiento. El rodillo dosificador no choca directamente entre los rodillos, sino que se coloca en paralelo al rodillo aplicador. Son críticos por el trabajo de humedad y recubrimiento de goma en los componentes.
- **Sistema de tracción crucetas:** Este sistema en la máquina corrugadora tiene como función transmitir los movimientos rotatorios de los rodillos de la máquina corrugadora, la limpieza es importante para que la disponibilidad dentro de lo establecido.

- Meza de secado: En este grupo de componentes, la actividad que se realiza es el secado de material engomado del material fabricado, por lo que se considera la importancia de su buen funcionamiento y mantener su estado óptimo para una mejor eficiencia.
- Eje y chumacera: Componentes de sub-sistemas que están en la línea de la corrugadora, por su trabajo de movimiento que distribuye en toda la línea es de suma importancia y tiene una criticidad que debería ser observada en el mantenimiento.
- Rodillo engomadora anilox del glue machine: es uno de los componentes principales en el glue machine, este componente tiene la función de dosificar con una película de goma que se adhiera en la plancha corrugada lo que hace que se mantenga húmeda y sucia de goma en los extremos que deterioran los mecanismos de la máquina.

Se presenta a continuación un flujograma del proceso de mantenimiento preventivo de la maquina corrugadora propuesto.

○ **4.2. Flujograma mejorado del proceso de mantenimiento preventivo**

**Flujograma**

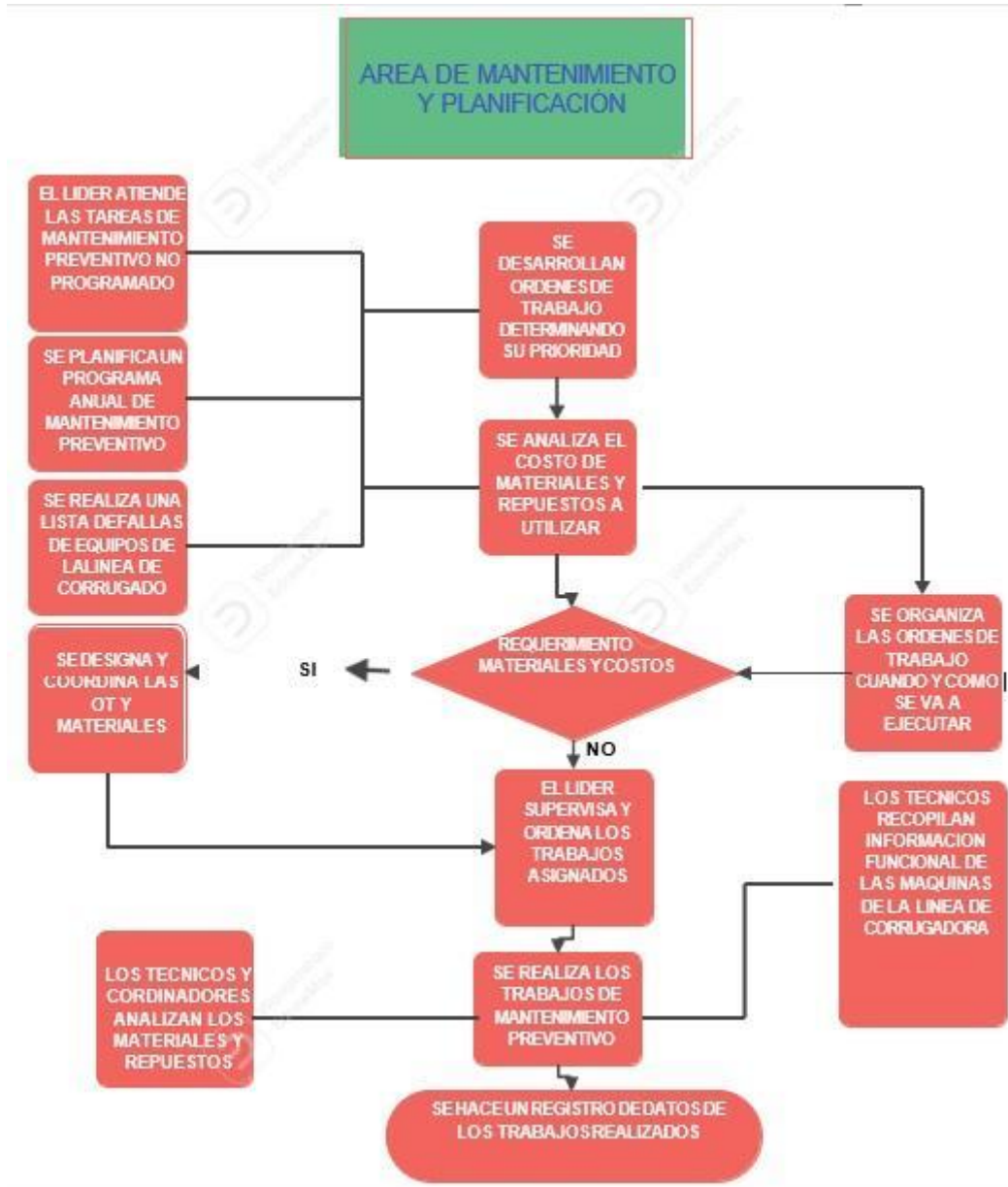


Figura 40. Diagrama de Flujograma mejorado del proceso de mantenimiento de la corrugadora de una fabricación de papel de la empresa de PK soluciones.

Fuente: Empresa PK SOLUCIONES.

○ **4.3. Elaborar programación del servicio de mantenimiento**

Se ha elegido 4 actividades principales:

- Mantenimiento Mecánico Maquina Corrugadora
- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento limpieza y operación
- Mantenimiento y lubricación

A continuación, se presenta el programa de mantenimiento.

<b>Mantenimiento Mecánico Maquina Corrugadora</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Actividad Para Realizar</b>	<b>Frecuencia Asignada</b>	<b>Responsable</b>
1.1	Verificación y limpieza de los componentes del rodillo de presión	Diario por Turnos	<i>Técnico Mecánico</i>
1.2	verificar la Calibración raspador de bronce del rodillo de presión	Semanal por Turno	<i>Técnico Mecánico</i>
1.3	la Calibración del sello transversal rodillo prensa onda c	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.4	Verificación del rodillo prensa onda B	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.5	Revisión estado de conexión de mangueras de vapor rodillos onda c	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.6	verificación del sistema de válvulas de vapor	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.7	Visualizar el estado de las fajas de transmisión caja reductora	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.8	mantenimiento y limpieza de los componentes rodillos corrugadores	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.9	verificación del acoplamiento del cardan rodillos corrugadores	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
1.1	Calibración del estado de la rasqueta y rodillo engomado	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.11	Calibración y revisión de los rodillos corrugadores inferior y superior	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>

1.12	verificación de los cilindros y neumáticos de la porta bobinas	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.13	verificación de las mangueras de aceite de la porta bobinas	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.14	Revisión de los componentes del carro engomado onda c	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.15	Revisión de mangueras de aire glue machine	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.16	Revisión, rodamientos rodillo prensa onda B y C	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.17	Cambio de rasqueta en glue machine	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.18	Análisis de Medición diámetros rodillo prensa	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.19	Medir diámetros rodillo pre acondicionador onda B y C	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.2	Cambio de estado sellos de vapor en mesa de secado	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.21	Medir y calibración rodillo precalentador onda BYC	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.22	Verificar, sistema actuador vapor, mesa desecada	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.23	Mantenimiento bomba de goma	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.24	calibrar y verificar rodillo engomado y dosificador	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.25	Análisis de paralelismo entre rodillo dosificador y engomado	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.26	Medir el paralelismo entre rodillo engomado y corrugador onda B y C	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.27	Verificación del paralelismo entre rodillo de presión y corrugadora onda B y C	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.28	Revisión de los rodillos de la mesa de secado	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.29	Medición y calibración rodillos corrugadores	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.3	Verificación de desgaste de fajas trasportadoras	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.31	Verificar, Inspección de fugas neumáticas máquina onda B y C	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>

1.32	medir sistemas de vapor rodillos corrugadoras	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.33	Revisión mecanismo de rodillo engomado anilox	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.34	Verificar el mecanismo de calibración rodillo dosificador	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.35	Revisión eje transmisión rodillo engomado y dosificador Mantenimiento onda B y C	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.36	mantenimiento componentes excéntrica engomado y rodillo corrugador inferior, superior	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.37	Revisión sistema transmisión motor-corrugadora	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.38	Calibración rodillo de presión onda B y C	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.39	Mantenimiento y calibración del paralelismo entre rodillo dosificador y engomado	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.4	Calibración paralelismo rodillo anilox engomado	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.41	mantenimiento del rodillo de presión y corrugador	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.42	Revisar nivelación rieles carro engomado y rodillos	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.43	mantenimiento de tubo de succión de corrugadora	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.44	Medición vibración motor principal corrugadora	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.45	Revisión del sistema de cardan rodillos corrugadores	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.46	mantenimiento carro engomado y ruedas	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.47	verificación de polines alineadores de papel mesa de secado	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
1.48	Visualizar la alineación de la máquina corrugadora	Anual	<i>Técnico Mecánico</i>
1.49	Mantenimiento al sistema de vapor en la mesa de secado	Anual	<i>Técnico Mecánico</i>

<b>Mantenimiento eléctrico</b>			
<b>No Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
2.1	verificación y limpieza de tablero eléctrico corrugadora	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.2	mantenimiento de tablero de potencia y control Onda C	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.3	Ajuste de conexiones tableros eléctricos de mesa de secado	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.4	Verificación acople motor principal corrugadora	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.5	mantenimiento ventilador de motor principal	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.6	Medición y mantenimiento de circuito neumático de mesa de secado	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.7	mantenimiento e inspección tablero de control neumático	Semanal	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.8	Mantenimiento de tablero de variador de motor principal	Mensual	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.9	Termografía los componentes tablero general	Mensual	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.1	mantenimiento funcionamiento de enconder de motor mesa de secado	Mensual	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.11	Termografía al motor principal y ventilador corrugado	Mensual	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.12	Termografía motor reductor rodillo engomado y anilox	Mensual	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.13	mantenimiento de tablero neumático válvulas de accionamiento mesa de secado	Trimestral	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.14	mantenimiento de tablero neumático y grupo engomado	Trimestral	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.15	Mantenimiento motores eléctricos corrugadora	Trimestral	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.16	Mantenimiento motor bomba de goma del glue machine	Trimestral	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.17	Mantenimiento motor reductor staker	Trimestral	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.18	Termografía de tableros eléctricos zona secada	Trimestral	<i>Técnico Eléctrico</i>
2.19	mantenimiento de motor hidráulico en glue machine	Anual	<i>Técnico Eléctrico</i>

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

<b>Mantenimiento limpieza y operación</b>			
<b>No Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
3.1	cambio de limitadores de goma	Diario	<i>Técnico Mecánico</i>
3.2	mantenimiento y limpieza del grupo engomado	Diario	<i>Técnico Mecánico</i>
3.3	Limpieza del componente de mesa de secado	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.4	mantenimiento y limpieza de tubería de succión	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.5	mantenimiento grupo de acoplamiento de los cardanes de la corrugadora	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.6	Visualizar las temperaturas de los componentes precalentadores	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.7	Limpieza del polín guía corrugado medio onda C	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.8	Limpieza y verificación polines corrugado onda B y C	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.9	Limpieza de la ducha corrugado	Semanal	<i>Técnico Mecánico</i>
3.1	verificar la densidad de goma sobre el rodillo engomado anilox	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
3.11	Limpieza y mantenimiento de la torre de precalentadores	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>



<b>Mantenimiento y lubricación</b>			
<b>No Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
4.1	lubricación de rodamientos rodillo engomado y dosificador	Semanal	<i>Técnico mecánico lubricador</i>
4.2	verificar la bomba de aceite caja reductora principal	Semanal	<i>Técnico mecánico lubricador</i>
4.3	Lubricación y revisión cardanes de transmisión de la corrugadora	Semanal	<i>Técnico mecánico lubricador</i>
4.4	Verificación de fugas y lubricación del circuito neumático corrugadora	Mensual	<i>Técnico mecánico lubricador</i>
4.5	analizar y visualizar el nivel de aceite del reductores	Mensual	<i>Técnico mecánico lubricador</i>
4.6	Verificación de fugas y nivel de aceite en los componentes, hidráulica principal	Mensual	<i>Técnico mecánico lubricador</i>
4.7	Verificación nivel de aceite caja reductora auxiliar rodillo engomador	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.8	lubricación rodamientos rodillo prensa inferior y superior	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.9	lubricación de rodamientos corrugadora Onda B Yc	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.1	lubricar rodamientos rodillo precalentador glue machine	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.11	lubricación y limpieza de rodamientos rodillo pre acondicionador	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.12	Lubricación rodamientos rodillo inferior, corrugado	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.13	Mantenimiento bombas de diafragma, goma	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

	lubricación de rodamiento de polines templadores	Mensual	<i>Técnico Mecánico</i>
4.15	ver funcionamiento de cilindros hidráulicos porta bobinas	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
4.16	mantenimiento de las cadenas de transmisión de porta bobinas	Trimestral	<i>Técnico Mecánico</i>
4.17	Lubricación de rodillos corrugadores y prensa onda B	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>
4.18	analizar y Muestreo de aceite cajas reductoras de la corrugadora	Semestral	<i>Técnico Mecánico</i>

*Figura 41.* Cuadro de falla de mes de enero.

*Fuente:* Elaboración propia

○ 4.5. Análisis de indicadores mejorados

MAQUINA CORRUGADORA, FALLAS MES DE ENERO 2022					
EQUIPO	TIPOS DE FALLAS	SEMANA 1/min	SEMANA 2/min	SEMANA 3/min	SEMANA 4/min
porta bobina hidráulico onda "c"	perdida de aceite en los pistones	225		48	35
cardan de corrugadora "b"	desgaste de pernos de acople		230		
corrugadora "b"	falla eléctrica	45		35	45
porta bobina eléctrico onda "b"	falla eléctrica		65		
corrugadora "c"	perdida de presión rodillo inferior.	45			50
cardan	falta de limpieza		30		
elevador de single	rotura de faja			36	48
porta bobina eléctrico onda "c"	faltade presión en los frenos	50	50		
porta bobina hidráulico onda "c"	rotura de manguera de aceite	65		60	65
precalentador 3 cuerpos	perdida de vapor				48
glue machine superior	falta de limpieza	45		45	
mesa de secado-chumaceras de pie	falta de lubricación		48		
sliter 2	falta de lubricación		45	40	
cut off	falla eléctrica	30		30	95
staker	polines y chumaceras rajadas		55		
porta bobina hidráulica	rotura de disco	60		45	35
glue machine	tubería de goma suelta y rota		50		45
mesa de secado	polín templador mal ajuste	37			60
<b>Total, de minutos parados de la maquina corrugadora por semana</b>		<b>602</b>	<b>573</b>	<b>339</b>	<b>526</b>
			<b>TOTAL, EN MINUTOS</b>		<b>2040</b>

Figura 42. Cuadro de falla de mes de enero.

Fuente: Elaboración propia

<b>MAQUINA CORRUGADORA FALLA MES DE FEBRERO 2022</b>					
<b>EQUIPO</b>	<b>TIPOS DE FALLAS</b>	<b>SEMANA 1/min</b>	<b>SEMANA 2/min</b>	<b>SEMANA 3/min</b>	<b>SEMANA 4/min</b>
porta bobina hid. onda "c"	falla mecánica		30		55
corrugadora "b"	falta de presión	45			65
porta bobina eléct. onda "b"	rotura de manguera	40			
corrugadora "c"	falla eléctrica, rotura eléctrica	45		40	
elevador de single	rotura de soporte de la faja		50		50
precalentador 3 cuerpos	rotura de cadena			60	
glue machine superior	limpieza d la maquina		45		60
freno de papel	ajuste pernos-chumacera	50	65		
mesa secado- chumaceras pie	lubricación y limpieza			50	60
mesa secado- zona enfriamiento	pañó desnivelado			30	
sliter 1	cambio de cuchilla nueva				50
cut off	parada inesperada, eléctrica			35	
staker	rotura de cadena		65		
mesa de secad	empaquetadura gastada			65	
corrugador onda b	limpieza de tablero	50		60	
glue machine	atoramiento de papel				60
corrugadora	perdida de vapor junta rotativa	30	35	90	
mesa de secado	perdida de aire		60		45
cut off	cambio de cuchilla nueva	50			
slitter	rotura de manguera de aire		30		55
<b>Total, de minutos parados de la maquina corrugadora por semana</b>		<b>310</b>	<b>380</b>	<b>430</b>	<b>500</b>
			<b>TOTAL, EN MINUTO</b>		<b>1620</b>

Figura 43: Cuadro de falla de mes de febrero.

Fuente: Elaboración propia (2022).

MAQUINA CORRUGADORA, FALLA MES DE MARZO 2022					
EQUIPO	TIPOS DE FALLAS	SEMANA 1/min	SEMANA 2/min	SEMANA 3/min	SEMANA 4/min
porta bobina hidráulica	rotura de disco		60		
corrugadora " b"	bomba en desperfecto	55			70
glue machine	tubería de goma suelta y rota	60		168	
mesa de secado	polín templador mal ajuste	70	90		
slitter	cambio de cuchilla			90	
cut off	parada de motor		30		90
cardan de corrugadora "b"	desgaste de pernos de acople	30			
porta bobina eléctrico onda "b"	falla eléctrica			55	72
corrugadora "c"	perdida de presión rodillo inferior.	70			
elevador de single	rotura de faja	30			90
porta bobina eléctrico onda "c"	faltade presión en los frenos			55	
porta bobina hidráulico onda "c"	rotura de manquera de aceite	95			70
glue machine superior	falta de limpieza			45	
mesa de secado- chumaceras de pie	falta de lubricación	40			65
<b>Total, de minutos parados de la maquina corrugadora por semana</b>		<b>450</b>	<b>180</b>	<b>413</b>	<b>457</b>
			<b>TOTAL, EN MINUTO</b>		<b>1500</b>

Figura 44.: Cuadro de falla de mes de marzo.

Fuente: Elaboración propia (2022).

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

○ 4.6. Realización de las actividades de mejora – Plan de acción


		<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		CE-MT-F-02						
				VERSION : 01						
FECHA OT		<table border="1"> <tr><td colspan="2">PRIORIDAD</td></tr> <tr><td>ALTA</td></tr> <tr><td>BAJA</td></tr> <tr><td>MEDIA</td></tr> </table>	PRIORIDAD		ALTA	BAJA	MEDIA	TIPO DE MANTENIMIENTO		
PRIORIDAD										
ALTA										
BAJA										
MEDIA										
Nº OT		CORRECTIVO MECANICO								
TAREA		CORRECTIVO ELECTRICO								
CODIGO		MEJORAS								
HORA INICIO		INFRAESTRUCTURA								
HORA TERMINO										
FECHA TERMINO										
DESCRIPCION DE TAREA :										
EJECUTOR			CARGO							
REPUESTO SERVICIO			CANTIDAD	UNIDAD						
INSTRUCCIONES : MARCA CON (X) SI CORRESPONDE PARA EL TRABAJO DESIGNADO										
GESTIONAR EL PERMISO DE TRABAJO EN CALIENTE		REALIZAR LAS CORRECCIONES NECESARIAS								
GESTIONAR EL PERMISO DE TRABAJO EN ALTURA		CONCILIACION DE PIEZAS SUeltas Y HERRAMIENTAS								
COORDINAR CON EL SUPERVISOR DE PRODUCCION		VERIFICAR QUE LAS HERRAMIENTAS Y COMPONENTES ESTEEN COMPLETOS								
DESENERGIZAR EL TABLERO ELECTRICO		HACER LAS PRUEBAS DE OPERATIVIDAD								
COLOCAR AVISOS Y ROTULADO DE PREVENCION		AL CONCLUIR EL TRABAJO DEJAR EL AREA LIMPIA Y ORDENADA								
VERIFICAR EL USO CORRECTO DE LOS EPPS PERSONALES		EVALUAR EL ESTADO DEL EQUIPO								
OBSERVACIONES										
RESPONSABLE		V.S. RESPONSABLE DE AREA		V.S. MANTENIMIENTO						

Figura 45. Orden de trabajo en la empresa de PK soluciones.  
Fuente: Elaboración propia (2022).

○ **4.7. Implantación de buenas prácticas de mantenimiento para líneas de fabricación de cartón corrugado**


A continuación, se muestra la elaboración de mejora de check list, para el proceso de mantenimiento preventivo en la línea de fabricación de cartón corrugado realizada en la empresa PK SOLUCIONES.

▪ **4.7.1. check list elaborados de componentes críticos**

Se ha elegido tres máquinas principales críticos, estos son:

- Cabezal c
- Glue machine
- La mesa de secado

A continuación, se presenta los check elaborados.

	<b>CHECK LIST DE INSPECCION DEL CABEZAL C MAQUINA CORRUGADORA</b>	Revisión N-º  Versión N-º
---	---	---------------------------------

Área Cabezal C - línea de corrugado	Fecha:
Técnico Responsable:	Inspector: LIDER DE MANTENIMIENTO

<b>1. Componentes del cabezal C</b>			
¿Los componentes revisados están correctos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza de los componentes del cabezal C?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y verificación de los rodillos inferior y superior?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿limpieza y revisión de la porta bobinas hidráulico y eléctrico?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿limpieza de la bandeja de goma?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza de bomba de goma del cabezal C?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Limpieza y verificación del rodillo <del>apilox engomador?</del>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza rodillo de presión onda C?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

<b>2. Actividades realizadas</b>			
¿Se siguieron los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Se usaron las revisiones vigentes de los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Se rellenaron los registros y estos son correctos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

<b>3. Incidencias e inspección visual</b>			
¿Equipo Revisado conforme?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada a alguna falla?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
Numero de incidencias relacionadas al cabezal C:			

<b>4. Tiempos de revisión y visualización</b>			
¿Existieron retrasos en la revisión y visualización?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Hubo equipo y herramientas indisponibles?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/P

<b>5. Entrega y logística</b>			
¿Equipo correctamente identificado?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Equipo conforme a las especificaciones y requerimiento del cliente?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A


  

<b>6. observaciones y recomendaciones :</b>
---

NOTA: N/A = No aplicable. N/P = No presenciado.

Figura 46. Check list de inspección del cabezal C de la empresa de PK soluciones.  
Fuente: Empresa PK SOLUCIONES.



	<b>CHECK LIST DE INSPECCION DEL GLUE MACHINE MAQUINA CORRUGADORA</b>	Revisión N.º
		Versión N.º

Glue machine- línea de corrugado	Fecha:
Técnico Responsable:	Inspector: LIDER DE MANTENIMIENTO

1. Componentes del Glue machine			
¿Los componentes revisados están correctos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza de los componentes del equipo de glue machine?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y verificación de los rodillos engomador?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Limpieza y revisión de la porta bobinas hidráulico y eléctrico?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Limpieza de la bandeja de goma del glue machine?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza de bomba de goma del glue machine?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Limpieza y verificación del rodillo anilox engomador?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza rodillo de presión y rasqueta?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

2. Actividades realizadas			
¿Se siguieron los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Se usaron las revisiones vigentes de los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Se rellenaron los registros y estos son correctos?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

3. Incidencias e inspección visual			
¿Equipo Revisado conforme?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada a alguna falla?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
Numero de incidencias relacionadas al equipo de glue machine:			

4. Tiempos de revisión y visualización			
¿Existieron retrasos en la revisión y visualización?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Hubo equipo y herramientas indisponibles?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/P


5. Entrega y logística			
¿Equipo correctamente identificado?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A
¿Equipo conforme a las especificaciones y requerimiento del cliente?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> N/A

6. observaciones y recomendaciones :			

NOTA: N/A = No aplicable. N/P = No presenciado.

Figura 47. Check list de inspección del glue machine de la empresa de PK soluciones.  
Fuente: Empresa PK SOLUCIONES

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

	<b>CHECK LIST DE INSPECCION DE LA MESA DE SECADO MAQUINA CORRUGADORA</b>	Revisión N.º  Versión N.º
---	--	---------------------------------

Mesa de secado - línea de corrugado	Fecha:
Técnico Responsable:	Inspector: LIDER DE MANTENIMIENTO

1. Componentes de la Mesa de secado	
¿Los componentes revisados están correctos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza de la mesa de secado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y verificación de los rodillos de la mesa de secado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿limpieza y revisión de los rodillos y templadores?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿limpieza y verificación de las chumaceras de los rodillos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y limpieza del motor de transmisión de la mesa de secado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Limpieza y verificación del rodillo inferiores de la mesa de secado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Revisión y las conexiones, mangueras de vapor de mesa desecado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

2. Actividades realizadas	
¿Se siguieron los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se usaron las revisiones vigentes de los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se rellenaron los registros y estos son correctos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

3. Incidencias e inspección visual	
¿Equipo Revisado conforme?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada a alguna falla?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
Numero de incidencias relacionadas con la mesa de secado:	

4. Tiempos de revisión y visualización	
¿Existieron retrasos en la revisión y visualización?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Hubo equipo y herramientas indisponibles?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/P

5. Entrega y logística	
¿Equipo correctamente identificado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Equipo conforme a las especificaciones y requerimiento del cliente?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

<b>6. observaciones y recomendaciones :</b>
---

NOTA: N/A = No aplicable. N/P = No presenciado.

*Figura 48.* Check list de inspección del glue machine de la empresa de PK soluciones.  
Fuente: Empresa PK SOLUCIONES.








▪ **4.7.2 Procedimiento elaborados de componentes críticos**

- ✓ Elaboración de procedimientos de trabajo de los componentes mayores







Se ha elegido a 2 componentes principales para la aplicación del procedimiento:

- Cut – of
- Tableros eléctricos

A continuación, se presenta los procedimientos elaborados:

		PROCEDIMIENTO			PKS-PR-1-01
		PROCESO DE MANTENIMIENTO EN CUT-OFF			Versión: 00 página: 1 de 3 fecha: 06/06/2022
<b>1. ALCANCE</b>					
Se aplica para el mantenimiento de la maquina <del>cut-off</del>					
<b>2. DESARROLLO</b>					
Nº	PASOS PRINCIPALES	PUNTOS CLAVE Seguridad/calidad/productividad Medio ambiente/costo	RAZON DEL PUNTO CLAVE	IMAGEN	
1	el operador debe de apagar completamente la maquina	Hay que asegurar que la maquina este apagada, las cuchillas deben estar levantadas y visibles con el botón "up"	Para evitar accidentes		
2	Verificar las piezas de maquina	Verificar el estado de las partes de la maquina: cuchillas, eje hexagonal, tuerca de desplazamiento, riel de desplazamiento, otros.	Para ajustar las piezas o cambiar si corresponde		
3	Retirar todo el polvo, suciedad y lubricar las masas de las 4 cuchillas móviles correctamente como también los 6 ravadores	Se requiere la limpieza de todas las piezas internas móviles con aire y trapo de limpieza, usar lubricante WD40	Para evitar accidentes		
3.1	Limpiar y lubricar toda la pieza móvil	Cuchillas con sus componentes N°1	Para un mejor funcionamiento		
3.2		Cuchillas con sus componentes N°2			
3.3		Cuchillas con sus componentes N°3			

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES



		PROCEDIMIENTO		PKS-PR-1-01
		PROCESO DE MANTENIMIENTO EN CUT-OFF		Versión: 00 página: 2 de 3 fecha: 06/06/2022
<b>1. ALCANCE</b>				
Se aplica para el mantenimiento de la maquina <del>cut-off</del>				
<b>2. DESARRROLLO</b>				
Nº	PASOS PRINCIPALES	PUNTOS CLAVE Seguridad/calidad/productividad Medio ambiente/costo	RAZON DEL PUNTO CLAVE	IMAGEN
3.4	Limpiar y lubricar todas las piezas móviles	Cuchilla con sus componentes N°4	Para un mejor funcionamiento	
3.5		Rayador con sus componentes N°1		 RIEL DE DESPLAZAMIENTO O INFERIOR
3.6		Rayador con sus componentes N°2	Para evitar accidentes	 RIEL DE DESPLAZAMIENTO
3.7		Rayador con sus componentes N°3	Para un mejor funcionamiento	 ESPARRAGO DE DESPLAZAMIENTO HEXAGONO DE DESPLAZAMIENTO
3.8	Limpiar y lubricar rieles y tuerca de desplazamiento	Cuchillas con sus componentes N°2		 RIEL DE DESPLAZAMIENTO INFERIOR



Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

		PROCEDIMIENTO		PKS-PR-1-01
		PROCESO DE MANTENIMIENTO EN CUT-OFF		Versión: 00 página: 3 de 3 fecha: 06/06/2022
<b>1. ALCANCE</b>				
Se aplica para el mantenimiento de la maquina <u>cut-off</u>				
<b>2. DESARROLLO</b>				
Nº	PASOS PRINCIPALES	PUNTOS CLAVE Seguridad/calidad/productividad Medio ambiente/costo	RAZON DEL PUNTO CLAVE	IMAGEN
4	El maquinista hace entrega de la maquina completamente limpia y lubricado para el siguiente turno, mantenimiento antes del cambio de turno	Maquina completamente limpia y lubricada	Para mejorar el funcionamiento de la maquina	
5	Cualquier observación, desgaste de alguna pieza o mal funcionamiento reportar a su supervisor	Antes de cada cambio de turno, el operario entrante debe dar conformidad del buen estado de <u>cut-off</u>	Para mejorar el funcionamiento de la maquina	
6	Registrar el mantenimiento en la ruta de lubricación	Verificar el funcionamiento de la maquina y registrar el mantenimiento realizado	Dejar evidencia del mantenimiento	

Figura 49. Datos de disponibilidad operativa mejorado.

Fuente: Empresa PK SOLUCIONES.

	<b>PROCEDIMIENTO</b>	PKS-PR-1-02
	<b>PROCESO DE LIMPIEZA DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b>	Versión: 00 página: 1 de 3 fecha: 06/06/2022
<b>1. OBJETIVO</b>		
Realizar y mantener limpieza interna y externa, de los tableros eléctricos		
<b>2. ALCANCE</b>		
Todos los tableros eléctricos de distribución y control de máquinas y equipos de planta.		
<b>3. DESARROLLO:</b>		
<b>3.1 TABLEROS DE DISTRIBUCION</b>		
1) EPP Requerido: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniforme completo de electricista</li> <li>- Mascarilla</li> <li>- Guantes dieléctricos</li> </ul>		
2) Colocarse la mascarilla y los guantes eléctricos, antes de la ejecución		
3) Quitar la energía eléctrica al tablero, desde la llave principal, con los procedimientos de seguridad eléctrica		
4) Utilizar los siguientes elementos para la limpieza: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Elemento de presión de aire 20-50 psi</li> <li>b) Brocha de rigidez media</li> <li>c) Trapo industrial</li> </ul>		
5) Ejecutar el rociado de aire seco presurizado dentro del tablero. Desde una distancia prudente		
6) Comprobar la limpieza libre de polvos, elementos extraños		
7) Posteriormente realizar la limpieza externa, rociando aire seco presurizado, y utilizar el trapo industrial y brocha, si es necesario, limpiar elementos extraños		

	<b>PROCEDIMIENTO</b>	PKS-PR-1-02
	<b>PROCESO DE LIMPIEZA DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b>	Versión: 00 página: 2 de 3 fecha: 06/06/2022
<b>3.2. TABLEROS DE CONTROL</b>		
1) EPP Requerido: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniforme completo de electricista</li> <li>- Mascarilla</li> <li>- Guantes dieléctricos</li> </ul>		
2) Colocarse la mascarilla y los guantes eléctricos, antes de la ejecución		
3) Quitar la energía eléctrica al tablero, desde la llave principal, con los procedimientos de seguridad eléctrica.		
Utilizar los siguientes elementos para la limpieza: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Extractor de aire, de presión negativa</li> <li>b) Brocha de rigidez media</li> <li>c) Trapo industrial</li> </ul>		
4) Realizar la extracción de aire con polución, dentro del tablero, desde una distancia prudente, sin realizar tocamiento alguno, a los componentes electrónicos.		
5) Comprobar la limpieza libre de polvos o elementos del tablero		
6) Posteriormente realizar la limpieza externa de tablero, rociando aire seco presurizado, y utilizar el trapo industrial y brocha, si es necesario, limpiar elementos extraños		



	<b>PROCEDIMIENTO</b>	PKS-PR-1-02
	<b>PROCESO DE LIMPIEZA DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b>	Versión: 00 página: 3 de 3 fecha: 06/06/2022
<b>3.3. TRANSFORMADOR SECO DE BAJA TENSIÓN</b>		
1) EPP Requerido: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniforme completo de electricista</li> <li>- Mascarilla</li> <li>- Guantes dieléctricos</li> </ul>		
2) Colocarse la mascarilla y los guantes eléctricos, antes de la ejecución		
3) Quitar la energía eléctrica al transformador, desde la llave principal, con los procedimientos de seguridad eléctrica. Utilizar los siguientes elementos para la limpieza:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Extractor de aire, de presión negativa</li> <li>b) Brocha de rigidez media</li> <li>c) Trapo industrial</li> </ul>		
4) Realizar la extracción de aire con polución, dentro del tablero con transformador. Desde una distancia prudente, sin realizar tocamiento alguno, a las bobinas o borneras del transformador.		
5) Comprobar la limpieza libre de polvos o elementos extraños del transformador.		
6) Posteriormente realizar la limpieza externa de tablero, rociando aire seco presurizado, y utilizar el trapo industrial y brocha, si es necesario, limpiar elementos extraños		

Aprobado por jefe de turno

*Figura 50.* Procedimiento de tablero electrico

*Fuente:* Empresa PK SOLUCIONES.

○ **4.8. Evaluación de la implementación (Comparativo- Antes y después)**

Reducir las fallas y/o paradas de los componentes principales de la línea de fabricación de cartón corrugado, del servicio de mantenimiento de la empresa PK SOLUCIONES

✓ Cálculo de la disponibilidad operativa de la línea.

A continuación, se presenta la producción mensual de planchas de cartón corrugado en metros lineales.

<b>Producción mensual actual</b>			
	<b>1° turno</b>	<b>2° turno</b>	<b>total de mes</b>
<b>Enero</b>	312,000	1,004,000	1,316,000
<b>Febrero</b>	734,000	961,000	1,695,000
<b>Marzo</b>	965,880	445,240	1,411,120
	<b>Total, de producción trimestral</b>		<b>4,422,120</b>

*Figura 51.* Datos estadísticos actuales de producción trimestral de cartón corrugado.

*Fuente:* Empresa PK SOLUCIONES.

<b>Producción mensual mejorado</b>			
	<b>1° turno</b>	<b>2° turno</b>	<b>total de mes</b>
<b>Enero</b>	358,800	1,154,600	1,513,400
<b>Febrero</b>	844,100	1,105,150	1,949,250
<b>Marzo</b>	1,110,762	512,026	1,622,788
	<b>Total, de producción trimestral</b>		<b>5,085,438</b>

*Figura 52.* Datos estadísticos mejorados de producción trimestral de cartón corrugado.

*Fuente:* Empresa PK SOLUCIONES.

La producción ha mejorado en un 15 % más, en función a la producción analizada.

- ✓ calcular la disponibilidad operativa por paradas de la maquina corrugadora.

### **Disponibilidad operativa actual.**

*Tabla 3. Datos de disponibilidad operativa actual.*

---

<b>DISPONIBILIDAD OPERATIVA POR PARADAS, ACTUAL</b>	
<b>Disponibilidad mes de enero</b>	
horas totales	576
horas paradas por mantenimiento	115
disponibilidad enero	80%
Total, en minutos	6900
<b>Disponibilidad mes de febrero</b>	
horas totales	576
horas paradas por mantenimiento	120
disponibilidad febrero	79%
Total, en minutos	7200
<b>Disponibilidad mes de marzo</b>	
horas totales	576
horas paradas por mantenimiento	125
disponibilidad marzo	78%
Total, en minutos	7500

---

*Fuente:* Empresa PK SOLUCIONES

Los datos de disponibilidad actuales de mantenimiento reflejan el bajo porcentaje en disponibilidad para la producción de cartón corrugado.

### Disponibilidad operativa mejorado.

*Tabla 4 Datos de disponibilidad operativa mejorado.*

<b>DISPONIBILIDAD OPERATIVA POR PARADAS, MEJORADO</b>	
<b>Disponibilidad mes de enero</b>	
horas totales	576
horas paradas por mantenimiento	34
Disponibilidad mes de enero	94%
<b>Total, en minutos</b>	<b>2040</b>
<b>Disponibilidad mes de febrero</b>	
horas totales	576
horas paradas por mantenimiento	27
disponibilidad mes de febrero	95%
<b>Total, en minutos</b>	<b>1620</b>
<b>Disponibilidad mes de marzo</b>	
horas totales	576
horas paradas por mantenimiento	25
disponibilidad mes de marzo	96%
<b>Total, en minutos</b>	<b>1500</b>

*Fuente:* Empresa PK SOLUCIONES.

Los datos que se muestra en la tabla 4, son porcentajes de disponibilidad mejora, para una mejor producción en la fabricación de cartón corrugado.

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

#### 4.2.2. Evaluación Económica Financiera

Nº	ACTIVIDADES	Recurso Necesario						Costo total
		Equipos	Costo	Materiales	Costo	Personal	Costo	
<b>A Preparación del proyecto</b>								
1	Diagnostico situacional	laptop proyector	S/ 400.00	post it plumones	S/ 100.00	Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 2,200.00	S/ 2,700.00
2	Analisis del servicio del mantenimiento preventivo	laptop	S/ 200.00			Especialista en mantenimiento	S/ 800.00	S/ 1,000.00
3	Implementacion de buenas practicas de mantenimiento para la lineas de fabricacion de carton corrugado	laptop	S/ 400.00	Caja de herramientas mecanicas	S/ 600.00	Especialista en mantenimiento	S/ 1,000.00	S/ 2,000.00
4	Calculo de la disponibilidad operativa de la línea	laptop	S/ 200.00			Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 1,800.00	S/ 2,000.00
5	Diagnostico de la programacion del servicio de mantenimiento	laptop	S/ 400.00	post it plumones	S/ 100.00	Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 4,000.00	S/ 4,500.00
<b>B Ejecución del proyecto</b>								
6	Elaboracion de procedimientos de trabajo de los componentes mayores	laptop	S/ 200.00			Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 3,800.00	S/ 4,000.00
7	Calcular la disponibilidad operativa de la línea de fabricacion de carton corrugado, antes y despues de la mejora propuesta.	laptop	S/ 200.00			Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 2,000.00	S/ 2,200.00
8	Comparativo y cálculo del porcentaje de la mejora	laptop proyector	S/ 400.00	post it plumones	S/ 100.00	Lider de proyecto	S/ 1,200.00	S/ 1,700.00
9	Identificación de los componentes principales de la fabricación de cartón corrugado.	laptop	S/ 200.00			Especialista en mantenimiento	S/ 1,000.00	S/ 1,200.00
10	Análisis de las fallas recurrentes en los componentes principales.	laptop, pirometro, tecometro	S/ 500.00			Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 3,000.00	S/ 3,500.00
11	Descripción del plan de mantenimiento preventivo aplicado a los componentes principales.	laptop proyector	S/ 400.00	post it plumones	S/ 100.00	Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 7,000.00	S/ 7,500.00
12	Cálculo de porcentaje de fallas luego de aplicado la mejora.	laptop	S/ 200.00		S/ 1,000.00	Lider de proyecto	S/ 1,200.00	S/ 2,400.00
13	Conclusiones y recomendaciones	laptop	S/ 200.00			Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 4,000.00	S/ 4,200.00
14	Tesis final	laptop	S/ 200.00			Lider de proyecto Especialista en mantenimiento	S/ 4,800.00	S/ 5,000.00
							<b>TOTAL</b>	<b>S/ 43,900.00</b>

Figura 53. Evaluación económica financiera.

Fuente: Empresa PK SOLUCIONES.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES**

### **○ 5.1. CONCLUSIONES**

- En la elaboración del presente trabajo primeramente nos identificamos con la posición de la importancia del cambio, las fluctuaciones de productividad, mantenimiento hechas por las decisiones y acciones que como parte de nuestra experiencia pudimos adquirir durante esta formación del Ingeniería Industrial.
- la mejora de nuestro planeamiento, está dada por dedicar nuestra mejor desempeño para hacer un mantenimiento sistemático, para analizar, ajustar y controlar los equipos, las maneras de eliminar las causas de la fallas y mejorar su funcionamiento en lo establecido para su productibilidad, para esto en primera línea identificamos la problemática , y nos damos cuenta que la empresa a la brindamos servicio no tenía un plan , estrategia de prevención para sus máquinas , no tenían un mantenimiento hecho con regularidad con un constante limpieza, engrase ,medición y observaciones para su funcionamiento continuo generando perdidas y descontentos en los clientes principal del negocio.
- Antes de nuestro trabajo a realizar se identificaron niveles bajo de disponibilidad de la maquina corrugadora diagnosticando así las condiciones bajas en su rentabilidad
- Con el análisis efectuado las causas raíz la falta de mantenimiento nos permitió efectuar un programa urgente de mantenimiento en los equipos más críticos.
- Elaboración de rutas de lubricación y toma de temperatura, check list

- En este presente trabajo de propuesta también se implementó procedimientos de las principales equipos, identificación y codificación de equipos.
- El índice de disponibilidad del equipo que se proyecta en la mejora de nuestra propuesta es unos diez a doce puntos porcentuales mas que la anterior gestión
- Al realizar esta propuesta de cambio planteada, esto nos da una posición de diferenciar claramente resultados que se obtendrían con la implementación de nuestro trabajo realizado.
- No es difícil establecer estos índices de mantenimiento preventivo en la maquina corrugadora, si se dispone de la información suficiente de los equipos y su seguimiento y estandarización el efecto de la mejora será el objetivo alcanzado en la empresa.

## ○ 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el procedimiento continuo, para una efectiva planificación estratégica de la gestión del mantenimiento para alcanzar estas mejoras.
- Realizar las auditoria de mantenimiento para conocer cómo se está gestionando cada punto alcanzado para el conocimiento en qué situación se encuentra el cumplimiento de las actividades y procedimientos de los trabajos de mantenimiento
- Se recomienda que la sección de mantenimiento y producción trabajen juntos para desarrollar esta mejora en este proceso. Es necesario que la colaboración de ambos producción y mantenimiento se manejen detalladamente para integrar la planificación operativa con el día a día de las operaciones en la industria de envases de cartón
- Se recomienda el desarrollo de una capacitación de un mantenimiento autónomo Alos lideres y operadores de cada equipo de la maquina corrugadora, permitiéndoles Alos colaboradores los conocimientos básicos, principales maquina y operador daría un valor agregado a la gestión operativa de la planta y la producción.



## REFERENCIAS

- Ademinsac. (s.f.). *Analisis vibracional*.
- Aguillon, P. R. (2009). *TRIBOLOGÍA Y LUBRICACIÓN*. Medellin: Tribos ingenieria.
- García Quin, E. M. (2018). *ALICIA*. Obtenido de ALICIA: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46031>
- Garrido, S. G. (2003). *Organizacion y gestion integral de mantenimiento*. Madrid: Dias de Santos.
- Garrido, S. G. (2003). *Organizacion y gestion integral de mantenimiento* . Madrid : Ediciones Diaz de Santos, S.A.
- Iparraguirre Zelada, H. A. (DICIEMBRE de 2018). *REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPN*. Obtenido de REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPN: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14456?show=full>
- Lujan Muñoa, J. C. (2020). *ALICIA*. Obtenido de ALICIA: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55219>
- Muñoz-Potosi, A., Pencue-Fierro, L., & León-Téllez, J. (2009). Analisis Termografico para la Determinacion de puntos Crititcos en Equipos Mecanicos y Electricos. *Redalyc*, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90312171013>.
- Orozco Lara, F. W. (noviembre de 2004). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/58649>
- palencia, O. G. (2012). *Gestion moderna del mantenimiento industrial* . bogotá: ediciones de la U.
- Revista Oficial Asociacion de Corrugadores del Caribe, C. y. (2014). Normas y Metodos de Contenedores Corrugados TAPPI. *ACCCSA2014*, [www.corrugado.com](http://www.corrugado.com).
- Rodríguez Mondragón, J. F. (2020). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS*. Obtenido de REPOSITORIO UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS: <http://hdl.handle.net/11349/27731>
- Torres Rojas, J. P. (17 de JULIO de 2018). *ALICIA*. Obtenido de ALICIA: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13603>
- Zevallos Valero, G. R. (ENERO de 2019). *ESPOL*. Obtenido de ESPOL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46132>

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES


## ANEXOS

### Anexos N°1 Programa anual de lubricación.

		PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO						COD-01 Versión: 00
Fecha de Actualización:		1/05/2022						
MAQUINA O EQUIPO	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MESESIAL	TRIMESTRAL	SEMIESTRAL	ANUAL	
CAJERO DISTRAL	X		X				X	
COMPRESORA GA 55			X			X		
AGITADOR DE GOMA				X		X		
BOMBA DE GOMA 1				X			X	
BOMBA DE GOMA 2				X			X	
BOMBA DE GOMA 3				X			X	
BOMBA DE GOMA 4				X			X	
RIEL DE BOBINA N°1			X			X	X	
PORTABOBINA HIDRAULICO N°1			X			X	X	
CABEZAL B				X		X	X	
RIEL DE BOBINA N°2			X			X	X	
PORTA BOBINA ELECTRICO N°1			X			X	X	
RIEL DE BOBINA N°3			X				X	
PORTABOBINA HIDRAULICO N°2			X			X	X	
CABEZAL C			X	X		X	X	
RIEL DE BOBINA N°4			X			X	X	
PORTABOBINA ELECTRICO N°2			X			X	X	
RIEL DE BOBINA N°5			X				X	
PORTABOBINA HIDRAULICO N°3			X			X	X	
RIEL DE BOBINA N°6			X				X	
PORTABOBINA HIDRAULICO N°4			X			X	X	
RIEL DE BOBINA N°7			X			X	X	
FRENDE DE PUENTE				X				
PRE CALENTADORES				X			X	
GLU MACHIN			X				X	
MESA DE SECADO			X			X	X	
SUTTER N°1			X				X	
SUTTER N°2			X				X	
CUTTER INF/SUP			X				X	
STACKER CORRUGADORA			X	X			X	
SINGLE DE ROLLOS				X			X	
REBOBINADOR DE SINGLE				X				
FRENDE DE PUENTE				X				
PRESA DE FARDOS N°1			X				X	
PRESA DE FARDOS N°2			X				X	
REPLADORA 1				X				
REPLADORA 2				X				
PICADORA				X				
MAQUINA PRUEBA DE RESISTENCIA				X				
MAQUINA RESISTENCIA DE CAJAS				X				
GUILLOTINA				X				
GUILLOTINA PARA PRUEBA				X				
ESTUFA MEMMERT				X				
MEDIDOR DE ESPESOR DIGITAL				X				
MEDIDOR DE ESPESORES ANALOGICOS				X				
BALANZA ELECTRONICA SARTORIUS				X				
BALANZA METLER TOLEDO				X				
BALANZA SUMICO				X				
ADTE MESA INTRODUTOR			X					
ADTE PRIMER COLOR			X					
ADTE SEGUNDO COLOR			X					
ADTE TERCER COLOR			X					
ADTE CUARTO COLOR			X					
ADTE SUTTER			X					
ADTE TROQUELADORA			X					
ADTE INYECTOR DE GOMA				X				
ADTE DOBLADORA			X					
XINTIAN MESA INTRODUTOR			X					
XINTIAN PRIMER COLOR			X					

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

## Anexos N°2 Programa anual de lubricación equipos de la empresa.

		PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO						COD-01 Versión: 00
Fecha de Actualización:		15/06/2021						
MAQUINA O EQUIPO	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	
XINTIAN SEGUNDO COLOR			X					
XINTIAN TERCER COLOR			X					
XINTIAN CUARTO COLOR			X					
XINTIAN SLOTTER			X					
XINTIAN TROQUELADOR			X					
XINTIAN STACKER			X					
KOBE MESA INTRODUTOR			X					
KOBE PRIMER COLOR			X					
KOBE SEGUNDO COLOR			X					
KOBE TERCER COLOR			X					
KOBE CUARTO COLOR			X					
KOBE SLOTTER			X					
KOBE STACKER			X					
CAVIFESSA MESA INTRODUTOR			X					
CAVIFESSA PRIMER COLOR			X					
CAVIFESSA SEGUNDO COLOR			X					
CAVIFESSA SLOTTER			X					
CAVIFESSA TROQUELADOR			X					
CAVIFESSA STACKER			X					
PEGADORA EVA				X				
PEGADORA EMBA			X					
FLEJADORA TRANSPACK N°1			X					
FLEJADORA TRANSPACK N°2			X					
FLEJADORA AUTOMATICA YS-305			X					
FLEJADORA AUTOMATICA DBA-200			X					
FLEJADORA MANUAL N°1				X				
FLEJADORA MANUAL N°2				X				
FLEJADORA MANUAL N°3				X				
ROBOT ESKO				X				
COMPRESORA ROMEL				X				
CARRETILLA ELECTRICA		X						
CARRETILLA MANUAL STOCKA		X						
CARRETILLA MANUAL STOCKA		X						
CARRETILLA MANUAL STOCKA		X						
CARRETILLA ELEVADORA MANUAL		X						
MONTACARGA UTILEV 2.5 TN		X						
MONTACARGA UTILEV 2.5TN		X						
MONTACARGA CAT 7 4.5 TN		X						
MONTACARGA LIUGONG 2.5 TN		X						
AIRE ACONDICIONADO							X	
AIRE ACONDICIONADO							X	
AIRE ACONDICIONADO							X	
AIRE ACONDICIONADO							X	
TERMAS						X		
TERMAS						X		
TERMAS						X		
MAQUINA DE SOLDAR				X				
AMOLADORA BOSCH DE 7"				X				
AMOLADORA BOSCH DE 4"				X				
TALADRO BOSCH				X				
TALADRO BAUKER MAGNETICO				X				
ESMERIL BAUKER DE BANCO				X				

Aprobado por:  
Cargo: jefe de Turno

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

### Anexos N°3 Ruta de lubricación línea corrugado

		<b>RUTA DE LUBRICACIÓN DE LA LINEA DE CORRUGADO</b>			COD-04				
					VERSION: 01				
MAQUINA: CORRUGADORA					FECHA DE LECTURA: MAYO 2022				
EQUIPO		TIPO DE LUBRICANTE	PERIODO DE LUBRICACION	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	
<b>PORTABOBINA HIDRAULICO ONDA "B"</b>	Caja de aceite de bomba hidráulica	Aceite RP <u>Telex</u> E-46	CADA 6 MESES						
	Polín guíador de papel (templador)	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Elevador de single inferior (02 piezas)	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Elevador de single inferior (02 piezas)	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Polín templador de faja de puente	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Polín templador de faja de puente	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
<b>RIEL PORTABOBINAS 1-2-3-4-5-6-7</b>	Chumaceras de eje de patín	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Lubricación de cadenas	Aceite RP <u>Telex</u> E-46	SEMANAL						
	Rodillo corrugador superior, inferior	Grasa <u>Anderol</u> 86EP - 2	QUINCENAL						
	Rodillo prensa	Grasa <u>Anderol</u> 86EP - 2	QUINCENAL						
	Rodillo aplicador de goma	Grasa <u>Anderol</u> 86EP - 2	QUINCENAL						
	Rodillo dosificador de goma	Grasa <u>Anderol</u> 86EP - 2	QUINCENAL						
	Caja reductora de tren de engranajes de cardanes	Aceite <u>Homala</u> 320	CADA 6 MESES						
	Cardanes de tracción con crucetas (6)	Grasa RP <u>Calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Punto de engrase de eje pivot de rodillo prensa	Grasa RP <u>Calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Punto de engrase de eje regulador de paralelismo corrugador SUP	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Polín guíador de papel	Grasa RP <u>Calcium sulfonate</u>	QUINCENAL						
	Polín Guíador de papel con punta para rodaje de 1.1/4	Grasa <u>Anderol</u> 86EP-2	QUINCENAL						

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

	Polín Guiador de entrada de papel	Grasa <u>Anderol 86EP-2</u>	quincenal					
	Polín templador de papel	Grasa <u>Anderol 86EP-2</u>	quincenal					
PORTABOBINA ELÉCTRICO ONDA "B"	Cartel de rueda dentada y eje sinfin	Aceite <u>Homala 320</u>	Cada 6 meses					
	Cadena y eje sinfin de deslizante de brazos	Aceite RP <u>Telex E-46</u>	semanal					
	Polín guiador de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guiador de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
PORTABOBINA HIDRAULICO	Caja de aceite de bomba hidráulica	Aceite RP <u>Telex E-46</u>	Cada 6 meses					
	Polín templador de papel con rodamiento eje 1 1/2	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guiador de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
CORRUGADORA "C"	Rodillo corrugador superior, inferior	Grasa <u>Anderol 86EP - 2</u>	quincenal					
	Rodillo prensa	Grasa <u>Anderol 86EP - 2</u>	quincenal					
	Rodillo aplicador de goma	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Rodillo dosificador de goma	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Caja reductora de tren de engranajes de cadenas	Aceite <u>Homala 320</u>	Cada 6 meses					
	Cardanes de tracción con crucetas (6)	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Punto de engrase de eje regulador de rodillo prensa	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Punto de engrase de eje regulador de paralelismo corrugador SUP	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guiador de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

CARDAN	Sistema de tracción con crucetas	Semanal					
	Caja de aceite con engranajes y rodamientos con tapa 5 piezas	Semanal					
ELEVADOR DE SINGLE	Polín elevador de single inferior	Semanal					
	Polín elevador de single superior	Semanal					
	Polín templador de faja de puente	Semanal					
	Polín templador de faja de puente	Semanal					
PORTABOBINA ELÉCTRICO	Cárter de rueda dentada y eje sinfín	Semanal					
	Polín guiador de papel CORRUGADO MEDIO 01	Semanal					
PORTABOBINA HIDRAULICO	Polín guiador de papel CORRUGADO MEDIO 02	Semanal					
	Caja y bomba de aceite	Semanal					
	Polín guiador de papel con rodamiento de 1.1/2" L. E. 01	Semanal					
	Polín guiador de papel con rodamiento de 1.1/2" L. E. 02	Semanal					
PRECALENTADOR 3 CUERPOS	Polín guiador de papel L. E. 03	Semanal					
	Polín templador de papel 01	Semanal					
	Polín guiador de papel con rodamiento de 1.1/2" 02	Semanal					
	Polín CORRUGADOR 01	Semanal					
	Polín CORRUGADOR 02 guiador de papel	Semanal					
	Polín guiador CORRUGADOR 03 de papel	Semanal					
	Polín guiador de SALIDA de papel con rodamiento de 1.1/2"	Semanal					
GLUE MACHINE - ENGOMADORA SUPERIOR	Polín guiador de SALIDA de papel	Semanal					
	Rodillo Anilox	Semanal					
	Rodillo Dosificador	Semanal					
	Rodillo JINETE	Semanal					
	Polín guiador de papel 01	Semanal					
GLUE MACHINE - ENGOMADORA INFERIOR	Polín guiador de papel 02	Semanal					
	Rodillo Anilox	Semanal					
	Rodillo Dosificador	Semanal					
FRENO DE PAPEL	Rodillo JINETE	Semanal					
	Polín guiador de ENTRADA de papel freno superior	Semanal					
	Polín guiador de ENTRADA de papel freno inferior	Semanal					
	Polín guiador de SALIDA de papel	Semanal					

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

GLUE MACHINE- ENGOMADORA INFERIOR	Rodillo aplicador de goma	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Rodillo dosificador de goma	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Rodillo jinete	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Eje regulador rodillo jinete	Aceite RP <u>Telex E-46</u>	semanal					
	Polín guizador de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guizador de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
FRENO Y ESCUADRA DE PAPEL INF/SUP	Polín guizador de papel freno SUP/INF	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Cadena y eje sin fin de escuadras INF/SUP	Aceite RP <u>telex E- 46</u>	semanal					
MESA DE SECADO – CHUMACERAS DE PIE	Polín entrada de mesa de secado	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	02 polines regulador de paño superior	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Eje templador con cilindro neumático	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Eje templador con piñón	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Tracto de paño SUP/INF	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Cardan de tracción con crucetas (6)	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Caja reductora de tren de engranajes de cardanes	Aceite <u>Homala 320</u>	Cada 6 meses					
MESA DE SECADO – ZONA ENFRIAMIENTO	Polines sobre el paño	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín inferior guizador	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín inferior templador	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
MESA DE SECADO – POLINES GUIADORES DE PAÑO	Polines sobre el paño	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín debajo del paño	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Patines lineales de deslizamiento de rayadores SUP/INF	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					

Responsable de la inspección

V”B” líder de mantenimiento

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

### Anexo N°4 Ruta de toma de temperatura de los equipos.

		<b>RUTA DE TOMA DE TEMPERATURA DE LA LINEA CORRUGADORA</b>		COD-03 VERSION : 001				
				CORRUGADORA				
	EQUIPO	PERIODO DE LECTURA	FECHA LECTURA:					
			SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	
PORTABOBINA HIDRAULICO ONDA "B"	Bomba de aceite	Semanal						
	Polín guidor de Entrada de papel (Templador)	Semanal						
	Elevador de single Inferior (02 piezas)	Semanal						
	Elevador de single superior (02 piezas)	Semanal						
	Polín templador de faja de puente	Semanal						
	Polín templador de faja de puente	Semanal						
CARDAN DE CORRUGADOR "B"	04 crucetas grandes y 02 pequeñas	Semanal						
	Caja de aceite con engranajes y rodamientos con tapa 8 piezas	Semanal						
CORRUGADORA "B"	Rodillo corrugador superior, inferior y prensa	Semanal						
	Polín guidor de papel	Semanal						
	Rodillo Engomador Anilox y dosificador	Semanal						
	Polín guidor de entrada de papel	Semanal						
	Polín templador de papel	Semanal						
PORTABOBINA HIDRAULICO	Caja y bomba de aceite	Semanal						
	Polín templador de papel y rodamiento eje 1.1/2" LINER INTERIOR	Semanal						
	Polín guidor de papel Liner Interior	Semanal						
CORRUGADORA "C"	Rodillo corrugador superior, inferior y prensa	Semanal						
	Polín Templador de Papel LINER INTERIOR	Semanal						
	Polín guidor de papel LINER INTERIOR 01	Semanal						
	Polín guidor de papel LINER INTERIOR 02	Semanal						
	Rodillo Engomador de Anilox y dosificador	Semanal						
	Polín guidor entrada de papel CORRUGADO MEDIO	Semanal						
	Polín templador de papel CORRUGADO MEDIO	Semanal						



Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

	Polín guidor de papel con punta para rodeje de 1.1/4	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guidor de entrada de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
ELEVADOR DE SINGLE	Polín elevador de single inferior	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín elevador de single superior	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Engranaje y cadena de transmisión elevador	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín templador de faja de puente	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín temblador de faja de puente	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
PORTABOBINA ELÉCTRICO	Cartel de rueda dentada y eje sin fin	Aceite <u>Homala 320</u>	Cada 6 meses					
	Cadena y eje sin fin de deslizante de brazos	Aceite RP <u>Telex E-46</u>	semanal					
	Polín guidor de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
PORTABOBINA HIDRAULICO	Polín guidor de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Caja y bomba de aceite hidráulico	Aceite RP <u>Telex E-46</u>	Cada 6 meses					
	Polín guidor de papel 1.1/2	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guidor de papel 1.1/2	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
CORRUGADORA ONDA "C"	Polín guidor de papel	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Polín guidor de papel con rodamiento de 1.1/2	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal					
	Piñón y cadena	Aceite RP <u>Telex E-46</u>	semanal					
	Polín guidor de papel	Grasa <u>Aderol 86EP-2</u>	quincenal					
	Polín guidor de papel	Grasa <u>Aderol 86EP-2</u>	quincenal					
	Polín guidor de papel	Grasa <u>Aderol 86EP-2</u>	quincenal					
	Polín guidor de papel con rodamiento de 1.1/2	Grasa <u>Aderol 86EP-2</u>	quincenal					
	Polín guidor de papel	Grasa <u>Aderol 86EP-2</u>	quincenal					
Rodillo aplicador de goma	Grasa RP <u>calcium sulfonate</u>	quincenal						

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

MESA DE SECADO - CHUMACERAS DE PIE	Polín entrada de mesa de secado	Semanal					
	02 polines GUIADOR de Paño Superior	Semanal					
	Eje templador con cilindro neumatico	Semanal					
	Eje templador con piñon	Semanal					
	Tambor superior	Semanal					
	Tambor inferior	Semanal					
MESA DE SECADO - ZONA ENFRIAMIENTO	Polines sobre el paño	Semanal					
	Polin inferior guiador	Semanal					
	Polin inferior templador	Semanal					
MESA DE SECADO - POLINES GUIADORES DE PAÑO	Polines sobre el paño	Semanal					
	Polines debajo del paño	Semanal					
SLITTER 1	Rodamientos de ejes RAYADORES SUPERIOR	Semanal					
SLITTER 2	Rodamientos de ejes CUCHILLA	Semanal					
CUT OFF	Rodamientos de ejes	Semanal					
	Depósito de aceite lado operador	Semanal					
	Depósito de aceite lado máquina	Semanal					
STACKER	Rodamiento de polines	Semanal					

RESPONSABLE DE LA LECTURA DE TEMPERATURA:

VºBº DE LIDER DE MANTENIMIENTO

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

### Anexo N°5 Lista de codificación de los equipos de la empresa.

		<b>LISTA Y CÓDIGO DE EQUIPOS</b>				<b>COD-02</b> <b>Versión: 00</b>	
<b>Fecha de actualización: 1/05/2022</b>							
<b>N°</b>	<b>EQUIPO DE SEGUIMIENTO O MAQUINA</b>	<b>CODIGO DEL PROCESO</b>	<b>EQUIPO DE SEGUIMIENTO Y MEDICION O MAQUINA</b>	<b>CODIGO DE EQUIPOS O MEDICION</b>	<b>CODIGO POR TIPO</b>	<b>CANTIDAD POR TIPO DE MAQUINA</b>	<b>CODIFICACIÓN COMPLETA</b>
1	CALDERO DISTRAL	PR	MQ	CD	1	1	PR-MQ-CD-01-01
2	COMPRESORA GA 55	PR	MQ	CGA	2	1	PR-MQ-CGA-02-01
3	AOTE INYECTOR DE GOMA	PR	MQ	AGI	3	1	PR-MQ-AGI-03-01
4	BOMBA DE GOMA 1	PR	MQ	BOM	4	1	PR-MQ-BOM-04-01
5	BOMBA DE GOMA 2	PR	MQ	BOM	4	2	PR-MQ-BOM-04-02
6	BOMBA DE GOMA 3	PR	MQ	BOM	4	3	PR-MQ-BOM-04-03
7	BOMBA DE GOMA 4	PR	MQ	BOM	4	4	PR-MQ-BOM-04-04
8	RIEL DE BOBINA N°1	PR	MQ	RB	5	1	PR-MQ-RB-05-01
9	PORTABOBINA HIDRAULICO N°1	PR	MQ	PH	6	1	PR-MQ-PH-06-01
10	CABEZAL B	PR	MQ	CB	7	1	PR-MQ-CB-07-01
11	RIEL DE BOBINA N°2	PR	MQ	RB	5	2	PR-MQ-RB-05-02
12	PORTA BOBINA ELECTRICO N°1	PR	MQ	PE	8	1	PR-MQ-PE-08-01
13	RIEL DE BOBINA N°3	PR	MQ	RB	5	3	PR-MQ-RB-05-03
14	PORTABOBINA HIDRAULICO N°2	PR	MQ	PH	6	2	PR-MQ-PH-06-02
15	CABEZAL C	PR	MQ	CC	7	2	PR-MQ-CC-07-02
16	RIEL DE BOBINA N°4	PR	MQ	RB	5	4	PR-MQ-RB-05-04
17	PORTABOBINA ELECTRICO N°2	PR	MQ	PE	8	2	PR-MQ-PE-08-02
18	RIEL DE BOBINA N°5	PR	MQ	RB	5	5	PR-MQ-RB-05-05
19	PORTABOBINA HIDRAULICO N°3	PR	MQ	PH	6	3	PR-MQ-PH-06-03
20	RIEL DE BOBINA N°6	PR	MQ	RB	5	6	PR-MQ-RB-05-06
21	PORTABOBINA HIDRAULICO N°4	PR	MQ	PH	6	4	PR-MQ-PH-06-04
22	RIEL DE BOBINA N°7	PR	MQ	RB	5	7	PR-MQ-RB-05-07
23	FRENO DE PUENTE	PR	MQ	FRP	9	1	PR-MQ-FRP-09-01
24	PRE CALENTADORES	PR	MQ	PRC	10	1	PR-MQ-PRC-10-01
25	GLUE MACHINE	PR	MQ	GM	11	1	PR-MQ-GM-11-01
26	MESA DE SECADO	PR	MQ	MS	12	1	PR-MQ-MS-12-01
27	SLITTER N°1	PR	MQ	SL	13	1	PR-MQ-SL-13-01
28	SLITTER N°2	PR	MQ	SL	13	2	PR-MQ-SL-13-02
29	CUTTOFF INF/SUP	PR	MQ	CTF	14	1	PR-MQ-CTF-14-01
30	STACKER CORRUGADORA	PR	MQ	STK	15	1	PR-MQ-STK-15-01
31	SINGLE DE ROLLOS	PR	MQ	SR	7	3	PR-MQ-SR-07-03
32	REBOBINADOR DE SINGLE	PR	MQ	RBS	16	1	PR-MQ-RBS-16-01
33	FRENO DE PUENTE	PR	MQ	FRP	9	2	PR-MQ-FRP-09-02
34	PRENSA DE FARDOS N°1	PR	MQ	PRF	17	1	PR-MQ-PRF-17-01
35	PRENSA DE FARDOS N°2	PR	MQ	PRF	17	2	PR-MQ-PRF-17-02
36	REFILADORA 1	PR	MQ	RF	18	1	PR-MQ-RF-18-01
37	REFILADORA 2	PR	MQ	RF	18	2	PR-MQ-RF-18-02
38	PICADORA	PR	MQ	PIC	19	1	PR-MQ-PIC-19-01
39	MAQUINA PRUEBA DE RESISTENCIA	CA	MQ	BCT	20	1	CA-MQ-BCT-20-01
40	MAQUINA RESISTENCIA DE CAJAS	CA	MQ	BCT	21	1	CA-MQ-BCT-21-01
41	GUILLOTINA	CA	MQ	GLT	22	1	CA-MQ-GLT-22-01
42	GUILLOTINA PARA PRUEBA	CA	MQ	GLP	23	1	CA-MQ-GLP-23-01
43	ESTUFA MEMMERT	CA	MQ	CC	24	1	CA-MQ-CC-24-01
44	MEDIDOR DE ESPESOR DIGITAL	CA	MQ	MED	25	1	CA-MQ-MED-25-01
45	MEDIDOR DE ESPESORES ANALOGICOS	CA	MQ	MEA	26	1	CA-MQ-MEA-26-01
46	BALANZA ELECTRONICA SARTORIUS	CA	MQ	EQ-BA	27	1	CA-MQ-EQ-BA-27-01
47	BALANZA METLER TOLEDO	CA	MQ	EQ-BQ	27	2	CA-MQ-EQ-BQ-27-02
48	BALANZA SUMICO	CA	MQ	EQ-BA	27	3	CA-MQ-EQ-BA-27-03
49	AOTE MESA INTRODUCUTOR	PR	MQ	AOT-MI	28	1	PR-MQ-AOT-MI-28-01
50	AOTE PRIMER COLOR	PR	MQ	AOT-PC	29	1	PR-MQ-AOT-PC-29-01
51	AOTE SEGUNDO COLOR	PR	MQ	AOT-SC	29	2	PR-MQ-AOT-SC-29-02
52	AOTE TERCER COLOR	PR	MQ	AOT-TC	29	3	PR-MQ-AOT-TC-29-03
53	AOTE CUARTO COLOR	PR	MQ	AOT-CC	29	4	PR-MQ-AOT-CC-29-04
54	AOTE SLOTTER	PR	MQ	AOT-SL	30	1	PR-MQ-AOT-SL-30-01
55	AOTE TROQUELADORA	PR	MQ	AOT-TRQ	31	1	PR-MQ-AOT-TRQ-31-01
56	AOTE INYECTOR DE GOMA	PR	MQ	AOT-IG	32	1	PR-MQ-AOT-IG-32-01
57	AOTE DOBLADORA	PR	MQ	AOT-DB	33	1	PR-MQ-AOT-DB-33-01
58	XINTIAN MESA INTRODUCUTOR	PR	MQ	XIT-MI	34	1	PR-MQ-XIT-MI-34-01
59	XINTIAN PRIMER COLOR	PR	MQ	XIT-PC	35	1	PR-MQ-XIT-PC-35-01

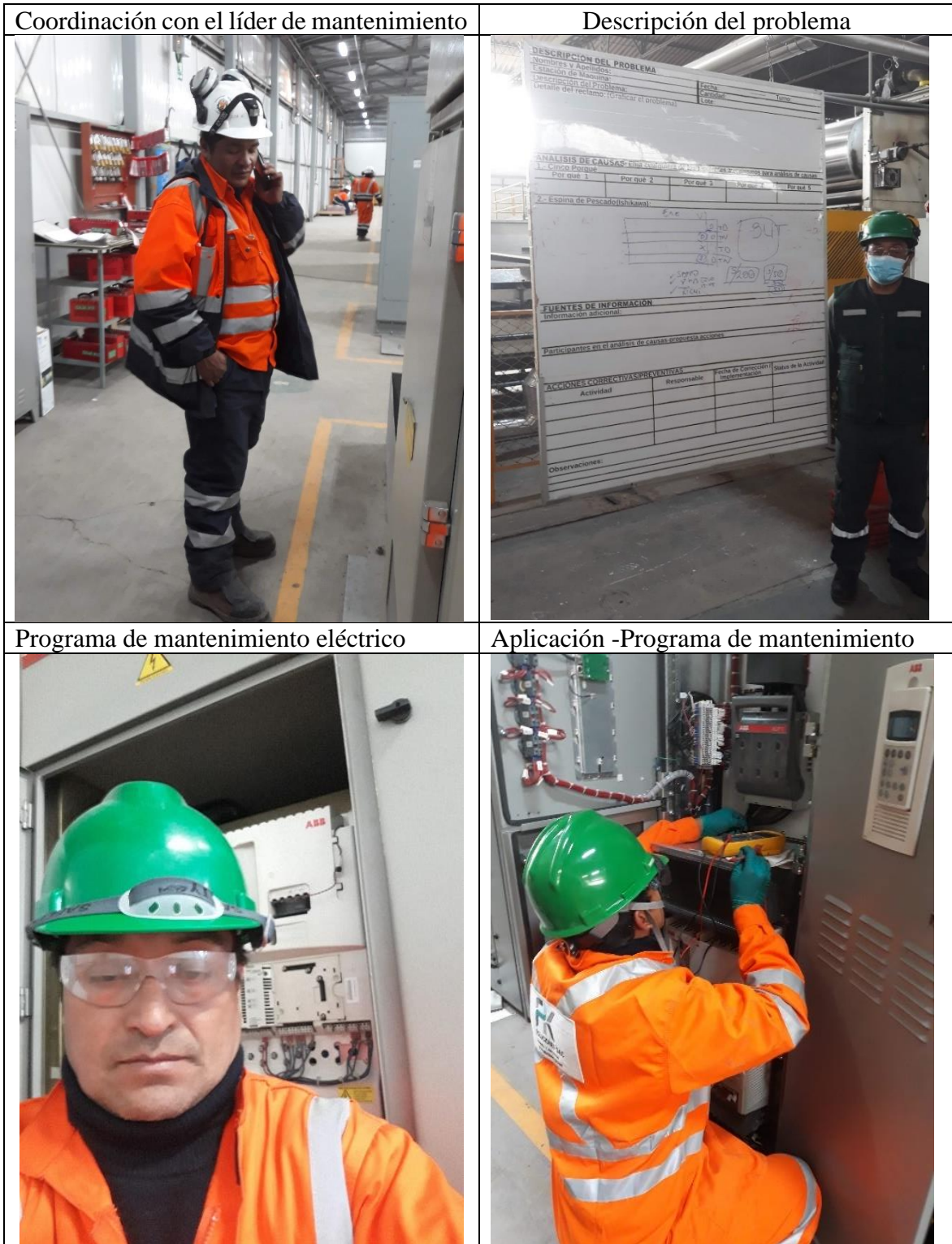
Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

## Anexo N° 6 Codificación de los equipos.

 <b>LISTA Y CÓDIGO DE EQUIPOS</b> Fecha de actualización: 1/05/2022							COD-02 Versión: 00
NO.	EQUIPO DE SEGUIMIENTO O MAQUINA	CODIGO DEL PROCESO	EQUIPO DE SEGUIMIENTO Y MEDICION O MAQUINA	CODIGO DE EQUIPOS O MEDICION	CODIGO POR TIPO	CANTIDAD POR TIPO DE MAQUINA	CODIFICACIÓN COMPLETA
60	XINTIAN SEGUNDO COLOR	PR	MQ	XIT-SC	35	2	PR-MQ-XIT-SC-35-02
61	XINTIAN TERCER COLOR	PR	MQ	XIT-TC	35	3	PR-MQ-XIT-TC-35-03
62	XINTIAN CUARTO COLOR	PR	MQ	XIT-CC	35	4	PR-MQ-XIT-CC-35-04
63	XINTIAN SLOTTER	PR	MQ	XIT-SLT	36	1	PR-MQ-XIT-SLT-36-01
64	XINTIAN TROQUELADOR	PR	MQ	XIT-TRQ	37	1	PR-MQ-XIT-TRQ-37-01
65	XINTIAN STACKER	PR	MQ	XIT-STK	38	1	PR-MQ-XIT-STK-38-01
66	KOBE MESA INTRODUTOR	PR	MQ	KB-MI	39	1	PR-MQ-KB-MI-39-01
67	KOBE PRIMER COLOR	PR	MQ	KB-PC	40	1	PR-MQ-KB-PC-40-01
68	KOBE SEGUNDO COLOR	PR	MQ	KB-SC	40	2	PR-MQ-KB-SC-40-02
69	KOBE TERCER COLOR	PR	MQ	KB-TC	40	3	PR-MQ-KB-TC-40-03
70	KOBE CUARTO COLOR	PR	MQ	KB-CC	40	4	PR-MQ-KB-CC-40-04
71	KOBE SLOTTER	PR	MQ	KB-SLT	41	1	PR-MQ-KB-SLT-41-01
72	KOBE STACKER	PR	MQ	KB-STK	42	1	PR-MQ-KB-STK-42-01
73	CAVIFESSA MESA INTRODUTOR	PR	MQ	CV-MI	43	1	PR-MQ-CV-MI-43-01
74	CAVIFESSA PRIMER COLOR	PR	MQ	CV-PC	44	1	PR-MQ-CV-PC-44-01
75	CAVIFESSA SEGUNDO COLOR	PR	MQ	CV-SC	44	2	PR-MQ-CV-SC-44-02
76	CAVIFESSA SLOTTER	PR	MQ	CV-SLT	45	1	PR-MQ-CV-SLT-45-01
77	CAVIFESSA TROQUELADOR	PR	MQ	CV-TRQ	46	1	PR-MQ-CV-TRQ-46-01
78	CAVIFESSA STACKER	PR	MQ	CV-STK	47	1	PR-MQ-CV-STK-47-01
79	PEGADORA EVA	PR	MQ	PEV	48	1	PR-MQ-PEV-48-01
80	PEGADORA EMBA	PR	MQ	PEB	49	1	PR-MQ-PEB-49-01
81	FLEJADORA TRANSPACK N°1	PR	MQ	FLJ-TRP	50	1	PR-MQ-FLJ-TRP-50-01
82	FLEJADORA TRANSPACK N°2	PR	MQ	FLJ-TRP	50	2	PR-MQ-FLJ-TRP-50-02
83	FLEJADORA AUTOMATICA YS-305	PR	MQ	FLA-YS	51	1	PR-MQ-FLA-YS-51-01
84	FLEJADORA AUTOMATICA DBA-200	PR	MQ	FLA-DBA	52	1	PR-MQ-FLA-DBA-52-01
85	FLEJADORA MANUAL N°1	PR	MQ	FLM	53	1	PR-MQ-FLM-53-01
86	FLEJADORA MANUAL N°2	PR	MQ	FLM	53	2	PR-MQ-FLM-53-02
87	FLEJADORA MANUAL N°3	PR	MQ	FLM	53	3	PR-MQ-FLM-53-03
88	ROBOT ESKO	PR	MQ	RB-ESK	54	1	PR-MQ-RB-ESK-54-01
89	COMPRESOR VERTICAL DE CAJA	PR	MQ	BCT	55	1	PR-MQ-BCT-55-01
90	CARRETILLA ELECTRICA	PR	MQ	CE	56	1	PR-MQ-CE-56-01
91	CARRETILLA MANUAL HIDRAUL STOCKA	PR	MQ	CM-STK	57	1	PR-MQ-CM-STK-57-01
92	CARRETILLA MANUAL HIDRAUL STOCKA	PR	MQ	CM-STK	57	2	PR-MQ-CM-STK-57-02
93	CARRETILLA MANUAL HIDRAUL STOCKA	PR	MQ	CM-STK	57	3	PR-MQ-CM-STK-57-03
94	CARRETILLA ELEVADORA MANUAL	PR	MQ	CEL	58	1	PR-MQ-CEL-58-01
95	MONTACARGA UTILEV 2.5 TN	LG	MQ	MTC-UTL	59	1	LG-MQ-MTC-UTL-59-01
96	MONTACARGA UTILEV 2.5TN	LG	MQ	MTC-UTL	59	2	LG-MQ-MTC-UTL-59-02
97	MONTACARGA CAT 7 4.5 TN	LG	MQ	MTC-CAT	59	3	LG-MQ-MTC-CAT-59-03
98	MONTACARGA LIUGONG 2.5 TN	LG	MQ	MTC-LUG	59	4	LG-MQ-MTC-LUG-59-04
99	AIRE ACONDICIONADO	PG	MQ	AAC	60	1	PG-AAC-60-01
100	AIRE ACONDICIONADO	PG	MQ	AAC	60	2	PG-AAC-60-02
101	AIRE ACONDICIONADO	PG	MQ	AAC	60	3	PG-AAC-60-03
102	AIRE ACONDICIONADO	PG	MQ	AAC	60	4	PG-AAC-60-04
103	TERMAS	PG	MQ	TER	61	1	PG-TER-61-01
104	TERMAS	PG	MQ	TER	61	2	PG-TER-61-02
105	TERMAS	PG	MQ	TER	61	3	PG-TER-61-03
106	MAQUINA DE SOLDAR	MT	MQ	MQS	62	1	MT-MQ-MQS-62-01
107	AMOLADORA BOSCH DE 7"	MT	MQ	AMB	63	1	MT-AMB-63-01
108	AMOLADORA BOSCH DE 4"	MT	MQ	AMB	63	2	MT-AMB-63-02
109	TALADRO BOSCH	MT	MQ	TB	64	1	MT-TB-64-01
110	TALADRO BAUKER MAGNETICO	MT	MQ	TBM	64	2	MT-TBM-64-02
111	ESMERIL BAUKER DE BANCO	MT	MQ	EB	65	1	MT-EB-65-01

Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

**Anexo N°7. Fotografías de participación de actividades realizadas**



Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad operativa de la línea de fabricación de cartón corrugado en la empresa PK SOLUCIONES

Programa de mantenimiento mesa de secado



Programa de mantenimiento corrugadora onda C.



Programa de mantenimiento cut off cambio de cuchilla



Programa de mantenimiento tablero de variadores

