



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Incremento de la producción de cuadernos a partir de la implementación del

RCM en la Gestión de Mantenimiento

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR(ES)

Paredes Nateros, Javier Glenne (0000-0001-6608-6933)

Tupez Mendoza, Jhon Rogger (0000-0002-1320-3689)

ASESOR

Tupia De La Cruz, Elmer Luis (0000-0001-8946-3041)

Lima, 05 de septiembre de 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Filomena Nateros y Bruno Paredes, quienes me han apoyado incondicionalmente en todo momento de mi vida. (Javier Paredes N.)

Dedico este trabajo a mis padres que son el pilar fundamental, Carmen Mendoza y Rogger Tupez. Un merecido reconocimiento a mi esposa Mila Montes por su apoyo incondicional y paciencia en todo este camino de esfuerzo y perseverancia. (Jhon Tupez M.)

AGRADECIMIENTOS

A los docentes y autoridades de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) por el conocimiento impartido durante nuestra formación profesional.

A todas las personas que directa e indirectamente han contribuido con sus aportes para alcanzar este objetivo.

RESUMEN

Dentro del contenido de este documento se desarrolla una propuesta para incrementar la producción de cuadernos en la línea R17 de la empresa Panasa, aplicando la metodología RCM.

En el capítulo 1 se presenta una revisión bibliográfica de los temas principales sobre los que se fundamenta la propuesta de mejora: el sector papelerero en el Perú, la evolución del mantenimiento, definición de términos, tipos de mantenimiento, técnicas de mantenimiento avanzado (RCM, TPM), costos de mantenimiento, indicadores, herramientas de mejora continua y casos de éxitos en la implementación del RCM.

En el capítulo 2 se realiza una descripción general de la empresa (reseña histórica, misión, visión, valores, organigrama, productos, clientes, ventas y el proceso productivo) para finalmente llegar al detalle de la situación actual. Luego se describe y cuantifica el principal problema que afecta al cumplimiento del plan de producción anual, posteriormente se hace el análisis de causa raíz para identificar las principales causas que están generando el problema.

En el capítulo 3 se evalúa tres posibles soluciones para el problema (RCM, TPM, CBM), para la elección de la metodología a aplicar se hace uso del ranking de factores y se desarrolla cada una de las fases del RCM.

En el capítulo 4 se valida la propuesta para lo cual se hace un modelamiento del proceso actual y propuesto utilizando el Software de simulación ARENA, también se hace una evaluación económica-financiera para determinar la viabilidad del proyecto.

El cierre de la tesis se da mediante la presentación de las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: OEE; mantenimiento centrado en la confiabilidad; AMEF; tiempo medio de reparación; tiempo medio entre fallas; disponibilidad.

Increase in the production of notebooks from the implementation of the RCM in Maintenance Management

ABSTRACT

This document develops a proposal to increase the production of notebooks in the R17 line of the Panasa company, applying the RCM methodology.

Chapter 1 presents a bibliographic review of the main topics on which the proposal for improvement is based: the paper industry in Peru, the evolution of maintenance, definition of terms, types of maintenance, advanced maintenance techniques (RCM, TPM), maintenance costs, indicators, continuous improvement tools and success stories in the implementation of the RCM.

In Chapter 2 a general description of the company (historical review, mission, vision, values, organization chart, products, customers, sales and the production process) is made to finally get to the detail of the current situation. Then the main problem that affects the fulfillment of the annual production plan is described and quantified, then the root cause analysis is done to identify the main causes that are generating the problem.

Chapter 3 evaluates three possible solutions to the problem (RCM, TPM, CBM), for the choice of the methodology to be applied, the ranking of factors is used and each phase of the RCM is developed.

Chapter 4 validates the proposal for which a modeling of the current and proposed process is done using the ARENA simulation software, an economic-financial evaluation is also made to determine the viability of the project.

The thesis is closed by presenting the conclusions and recommendations.

Keywords: OEE; reliability centered maintenance; AMEF; average repair time; average time between failures; availability.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	2
1.1 Sector Papelero	2
1.2 Mantenimiento	2
1.2.1 Funciones y objetivos del mantenimiento	3
1.2.2 Términos fundamentales	3
1.2.2.1 Definición de mantenibilidad	3
1.2.2.2 Definición de disponibilidad	3
1.2.3 Evolución del mantenimiento.....	4
1.3 Gestión Integral Dentro de Mantenimiento.....	5
1.3.1 Implantación de la gestión integral	6
1.4 Niveles de Mantenimiento	7
1.5 El Conocimiento y el Mantenimiento	9
1.6 Tipos de Mantenimiento	10
1.6.1 Mantenimiento correctivo (MC)	11
1.6.2 Mantenimiento preventivo (MP).....	12
1.6.3 Mantenimiento predictivo (MPd).....	13
1.7 Técnicas Organizativas del Mantenimiento Avanzado	15
1.7.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).....	15
1.7.1.1 Fases de implantación del RCM.....	17
1.7.2 Mantenimiento productivo total (TPM)	18
1.7.2.1 Implantación del TPM.....	19
1.8 Costos de Mantenimiento.....	20
1.8.1 Costos fijos.....	20
1.8.2 Costos variables	21
1.8.3 Costos financieros	21
1.8.4 Costo de la no disponibilidad por fallas	21
1.9 Indicadores	22
1.9.1 Indicadores del mantenimiento	23
1.9.1.1 Indicadores básicos del servicio de mantenimiento	24
1.10 Mejora Continua	25
1.10.1 Kaizen	26
1.10.2 El Ciclo PDCA.....	27
1.10.3 Las 5S.....	31
1.11 Otras Herramientas.....	34
1.11.1 Mejora del cambio rápido de máquina – SMDE	34

1.11.2	Análisis de modo y efecto de fallas (FMEA)	37
1.12	Casos de Éxito en la Implementación del RCM	40
1.12.1	Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo	40
1.12.2	Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado	45
1.12.3	Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM previa existencia de mantenimiento preventivo	49
CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL		55
2.1	Descripción de la Empresa	55
2.1.1	Ubicación y distribución	56
2.1.2	Misión	57
2.1.3	Visión	57
2.1.4	Valores	58
2.1.5	Organización de la empresa	58
2.1.6	Productos	59
2.1.7	Clientes	59
2.1.8	Ventas	60
2.1.8.1	Selección del producto del producto principal	61
2.1.9	Competidores	62
2.1.10	Proveedores de insumos y materias primas	64
2.1.11	Participación % del mercado	64
2.2	Mapa de Procesos	65
2.3	Proceso Productivo	66
2.3.1	Descripción del proceso de producción de cuadernos	67
2.3.2	Diagrama SIPOC	70
2.3.3	Maquinaria y equipos	71
2.3.4	Diagrama de operaciones (DOP)	72
2.3.5	Diagrama de flujo	74
2.4	Situación Actual	75
2.5	Identificación de los Problemas	78
2.5.1.1	Detalle del problema	78
2.6	Impacto Económico	81
2.6.1	Impacto económico del problema	81
2.7	Análisis de las Causas	82
2.7.1	Causa – efecto (Ishikawa)	82
2.7.1.1	Priorización de la causa raíz	84
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE MEJORA		86
3.1	Metodología para la Solución de Problema	86
3.1.1	Elección de la propuesta de solución	86
3.1.2	Metodología a aplicar	89
3.2	Desarrollo de la Metodología de RCM	90

3.2.1	Fase 1: Conformación del equipo de trabajo.....	90
3.2.2	Fase 2: Selección del sistema y definición del contexto operacional.....	91
3.2.2.1	Inventario de equipos.....	93
3.2.2.2	Análisis de criticidad.....	97
3.2.3	Fase 3: Funciones de los equipos.....	99
3.2.4	Fase 4: Fallas funcionales.....	100
3.2.5	Fase 5: Identificar causa de fallas (Modos de fallos).....	102
3.2.6	Fase 6: Efectos de las fallas.....	106
3.2.7	Fase 7: Plan y programación del mantenimiento.....	110
3.2.8	Indicadores.....	129
3.2.9	Costo total de la implementación.....	131
3.2.9.1	Recursos necesarios.....	131
3.3	Consideraciones Para la Implementación.....	133
3.3.1	Gestión del cambio.....	133
3.4	Cronograma Tentativo de Implementación del RCM.....	140
CAPÍTULO 4: VALIDACION DE LA PROPUESTA.....		142
4.1	Simulación.....	142
4.1.1	Simulación del proceso actual.....	142
4.1.2	Simulación del proceso mejorado.....	146
4.2	Evaluación Económica.....	148
4.2.1	Indicadores financieros.....	148
4.2.1.1	Inversión para la implementación del RCM.....	149
4.2.1.2	Evaluación del VAN y TIR.....	149
4.3	Análisis de resultados.....	152
4.3.1	Informe de Resultados.....	152
4.3.2	Auditoria de la gestión de mantenimiento.....	152
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		155
5.1	Conclusiones.....	155
5.2	Recomendaciones.....	155
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	156
7.	GLOSARIO.....	159
8.	SIGLARIO.....	160
9.	ANEXOS.....	161

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metodología RCM.....	16
Tabla 2: Reparto del tiempo de cambio de maquina	36
Tabla 3: Clasificación de gravedad	39
Tabla 4: Tabla de ocurrencias.....	39
Tabla 5: Tabla de detección.....	40
Tabla 6: Equipos planta de cuadernos	71
Tabla 7: Registro de cálculo del OEE	77
Tabla 8: Disponibilidad de las líneas de producción en el año 2017.....	79
Tabla 9: Oportunidad de venta perdida en el año 2017	82
Tabla 10: Porcentaje acumulado.....	85
Tabla 11: Ranking de factores	87
Tabla 12: Matriz de selección.....	88
Tabla 13. Funciones del equipo de trabajo	90
Tabla 14: Lista de equipos.....	93
Tabla 15: Análisis de criticidad.....	98
Tabla 16: Criticidad de los equipos	98
Tabla 17: Fallas funcionales.....	101
Tabla 18: Modos de fallo.....	103
Tabla 19: Efectos de las fallas	107
Tabla 20: Efectos de las fallas	112
Tabla 21: Lista de repuestos	122
Tabla 22: Programa anual de mantenimiento	124
Tabla 23: Tablero de control	130
Tabla 24: Costo de capacitación.....	131
Tabla 25: Costo de artículos	132
Tabla 26: Costo de equipos de medición.....	132
Tabla 27: Otros costos	133
Tabla 28: Costo total	133
Tabla 29: Variables	142
Tabla 30: Comparación de resultados - Tiempo.....	147
Tabla 31: Comparación de resultados - Bobinas	148
Tabla 32: Inversión.....	149
Tabla 33: Flujo de caja (optimista).....	150
Tabla 34: Flujo de caja (moderado).....	150
Tabla 35: Flujo de caja (pesimista).....	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tendencia en la gestión de mantenimiento	5
Figura 2: Niveles de mantenimiento.....	8
Figura 3: Factores del conocimiento	10
Figura 4: Tipos de mantenimiento según la norma AFNOR NFX 60-010.....	11
Figura 5: Beneficios alcanzados con la implantación del RCM.....	17
Figura 6: Fases de implantación del RCM	18
Figura 7: Fases de implantación del RCM	23
Figura 8: Disponibilidad.....	25
Figura 9: Ciclo PDCA	28
Figura 10: Ciclo PDCA de Ishikawa	29
Figura 11: Pilares de las 5S	32
Figura 12: Etapas del método FMEA	38
Figura 13: Plano de ubicación	56
Figura 14: Organigrama de Panasa.....	58
Figura 15: Productos elaborados por Panasa.....	59
Figura 16: Porcentaje de participación de los clientes.....	60
Figura 17: Ventas anuales - Panasa	61
Figura 18: Porcentaje de ingresos por venta de productos	61
Figura 19: Porcentaje de participación de las empresas	65
Figura 20: Mapa de procesos Papelera Nacional S.A.....	66
Figura 21: Proceso de elaboración de cuadernos.....	68
Figura 22: Diagrama SIPOC proceso de producción de cuadernos.....	70
Figura 23: Diagrama de operaciones	73
Figura 24: Diagrama de flujo	74
Figura 25: Plan de producción vs Producción real	75
Figura 26: Porcentaje de incumplimiento del plan de producción	76
Figura 27: Indicadores de gestión.....	78
Figura 28: Disponibilidad promedio de las líneas de producción de cuadernos.....	79
Figura 29: Disponibilidad de las líneas de producción de cuadernos.....	81
Figura 30: Diagrama Ishikawa	83
Figura 31: Diagrama de Pareto - causas del problema	85
Figura 32: Metodologías propuestas.....	87
Figura 33: Fases para la implementación del RCM.....	89
Figura 34: Diagrama de bloque Panasa	91
Figura 35: Layout de la línea R17	92
Figura 36: Estructura arbórea	93
Figura 37: Descripción de funciones de equipos.....	99
Figura 38: Subdivisión de nivel de la falla	100
Figura 39: Modelo de encuesta.....	134
Figura 40: Cronograma de implementación	141
Figura 41: Evaluación de datos	144
Figura 42: Modelo actual línea R17	145
Figura 43: Reporte de resultado – Modelo actual.....	145
Figura 44: Modelo propuesto línea R17	146
Figura 45: Reporte de resultado – Modelo propuesto.....	147
Figura 46: Resultado de la evaluación económica.....	151
Figura 47: Formato de auditoria	152

INTRODUCCIÓN

Las empresas pierden cientos de dólares por la mala gestión organizativa, es por ello que se enfocan en estudiar la causa que ocasiona problemas en el área productiva y las consecuencias que traen a la empresa. Asimismo, el trabajo de investigación pretende ayudar a demostrar los factores que ocasionan las paradas de máquinas en la empresa Papelera Nacional S.A y plantear posibles soluciones en base a experiencia y estudios del personal a cargo.

El objetivo que motiva a desarrollar la investigación es demostrar que factores ocasionan las paradas de las máquinas en Papelera Nacional S.A, esto en la actualidad ocasiona pérdidas económicas a la empresa, la consecuencia de no realizar la investigación está dada por las constantes paradas innecesarias de los equipos y pérdida de producción, para desarrollar el objetivo propuesto se evalúan diversos factores, tales como: factores que ocasionan paradas no programadas en los equipos de Papelera, dentro de los cuales se detalla los factores de planificación de trabajos, factores de procedimientos operacionales, esto es clave para el orden de la organización. Por último, el mantenimiento preventivo, esto detalla la manera como intervenir los equipos antes que se produzca fallas que ocasionen paradas y pérdidas de producción.

Para la investigación del presente trabajo nos agenciamos de información de la página principal de Papelera Nacional y libros propios de la gestión de mantenimiento industrial y tesis de gestión de mantenimiento.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Sector Papelero

En la industria peruana se ubican grandes empresas que aprovechan la materia prima de la caña de azúcar para elaborar el papel. Asimismo, el papel es de mucha utilidad en especial para los escolares y universitarios, También, el papel es usado en oficinas y libretas.

La industria del papel es un sector firme y sólido que brinda oportunidades laborales y ayuda al crecimiento del país.

1.2 Mantenimiento

Se define al mantenimiento como: El conjunto de acciones orientadas a conservar o establecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de seguridad integral.¹ Sin embargo, en términos muy generales se puede afirmar que las funciones básicas del mantenimiento es el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla con los requisitos normales del proceso.² Para Arias.

“El mantenimiento es un conjunto de actividades que se deben realizar a instalaciones y equipos, con el fin de corregir y/o prevenir fallas logrando la máxima vida económica del equipo o sistema; buscando que estos continúen prestando el servicio para el que fueron diseñados.” (Arias Bermeo, Javier: 2011).

De acuerdo a lo anterior, El mantenimiento conlleva a un conjunto de actividades relacionadas entre sí para cumplir el objetivo de mantener los equipos operativos y disponibles en la medida de las necesidades del área de producción. Esto ha logrado llevar al mantenimiento a un nivel importante en la organización que se suma al éxito o fracaso de las ventas. Asimismo, el mantenimiento ayuda al cumplimiento de objetivos de la organización evitando que las máquinas fallen. También, suma esfuerzos para lograr que los equipos se encuentren disponibles cuando el área de producción lo requiera.

¹ Cfr. Hung 2008: 14

² Cfr. Cesáreo 2011: 24

1.2.1 Funciones y objetivos del mantenimiento

Según Albert Ramond y Asociados (Estados Unidos de América), la función principal de mantenimiento es maximizar la disponibilidad que se requiere para la producción de bienes y servicio, al preservar el valor de las instalaciones. Para minimizar el deterioro de los equipos, lo cual se debe lograr en el menor costo posible y a largo plazo (Newbrough y otros en Mora 2012).

1.2.2 Términos fundamentales

A continuación, daremos a conocer las definiciones básicas de los principales términos que se manejan en la gestión de mantenimiento, tales como mantenibilidad y disponibilidad.

1.2.2.1 Definición de mantenibilidad

El término de mantenibilidad se maneja mucho dentro de la gestión de mantenimiento de los activos, por lo que es necesario tener claro el significado de esta palabra. Alberto Mora Gutiérrez, nos presenta la siguiente definición de mantenibilidad.

“Se denomina mantenibilidad a la probabilidad de que un elemento, maquina o dispositivo, puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva (funcional o de servicio), mediante una reparación que implica realizar unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción.” (Mora 2013:104)

De acuerdo a la información mostrada podemos decir que la mantenibilidad es la probabilidad de que un elemento, maquina o dispositivo, puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva.

1.2.2.2 Definición de disponibilidad

La disponibilidad es otro de los términos que se maneja dentro de la gestión de mantenimiento. Alberto Mora Gutierrez, define a la disponibilidad de la siguiente manera.

“Como disponibilidad se define la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en el que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado

incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico” (Mora 2013:67)

De acuerdo a la definición presentada podemos decir que la disponibilidad es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables.

1.2.3 Evolución del mantenimiento

A lo largo del tiempo el mantenimiento industrial ha ido evolucionando permanentemente, la mayoría de los autores coinciden en que el avance del mantenimiento se dio en cuatro etapas fundamentales, a los cuales se les denominó, Primera Generación, Segunda Generación, Tercera Generación y Cuarta Generación.

La primera generación, se dio entre los años 1930 y 1950, aquí el mantenimiento se centraba en reparar aquello que se averiaba, y a periódicos re engrases, lubricaciones y limpiezas de los equipos. La segunda generación, está comprendida entre los años 1950 y finales de 1970, en esta etapa se define como objetivo la disponibilidad de los medios de producción, que los equipos duren lo máximo y todo ello con los costes más bajos. En esta etapa se pone en marcha sistemas de mantenimiento preventivo basados en revisiones cíclicas a los equipos e instalaciones. En la tercera generación, el mantenimiento fundamentaba sus objetivos en la disponibilidad, fiabilidad y costes, pero también abordaba otros aspectos como la seguridad, calidad y la protección del medio ambiente. Aparecen nuevas técnicas como los predictivos, el RCM y el TPM.³

Todo lo mencionado es válido hasta finales del siglo XX, después de esta viene otra etapa. A la cual se le denominó, la cuarta generación, aquí se refleja la necesidad de integrar todos los conceptos de mantenimiento que se habían planteado de forma aislada. Otro aspecto importante es la gestión de mantenimiento orientada, no a resultados técnicos, sino dirigido a los clientes, la gestión de mantenimiento basado en nuevos conceptos RCM y TPM, las certificaciones integradas tanto en calidad, medio ambiente y seguridad.⁴

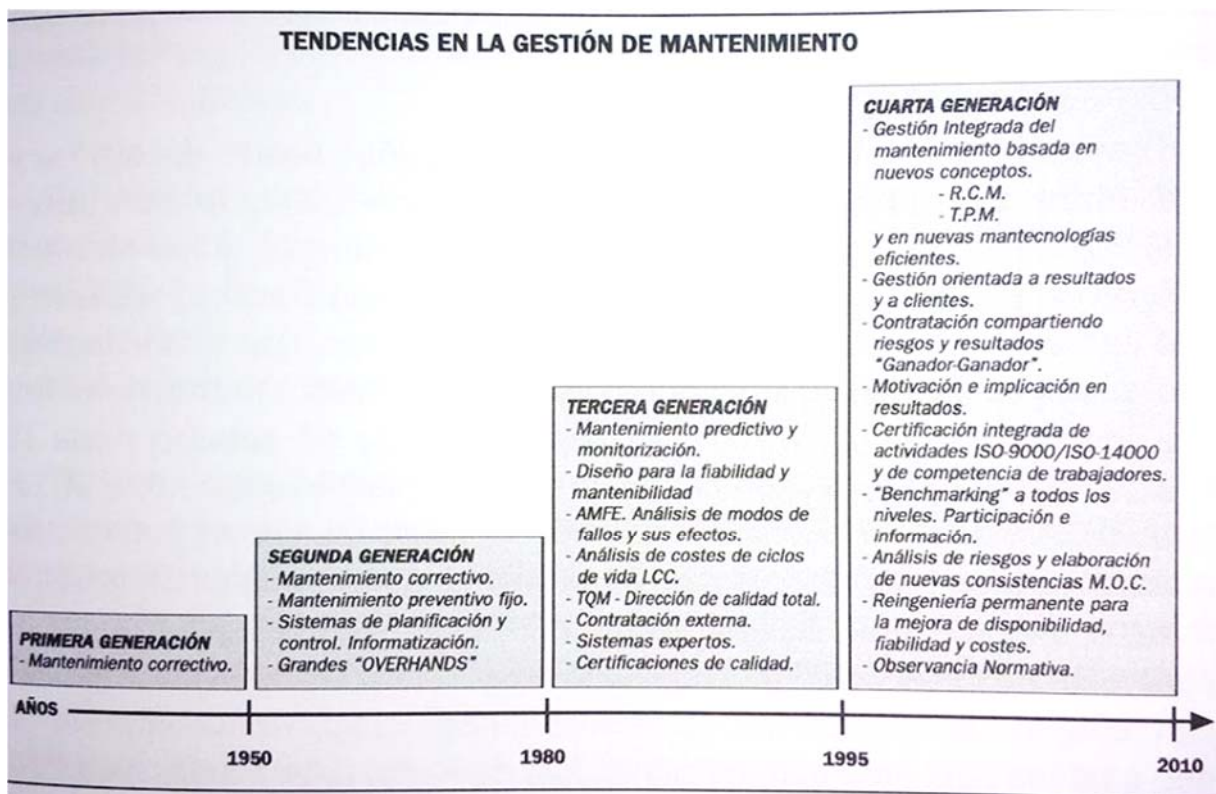
³ Cfr. Linares 2012: 8-9

⁴ Cfr. Linares 2012: 9-10

A partir de la información mostrada, podemos decir que el mantenimiento industrial ha ido evolucionando constantemente, desde la simple función de reparar aquello que se averiaba hasta la concepción actual del mantenimiento basado en nuevos conceptos como el RCM, TPM y las certificaciones en calidad, medio ambiente y seguridad.

En la figura 1 se muestra las tendencias de la gestión de mantenimiento en las diferentes generaciones.

Figura 1: Tendencia en la gestión de mantenimiento



Fuente: González 2011: 37

1.3 Gestión Integral Dentro de Mantenimiento

En la actualidad uno de los grandes retos de las organizaciones, es la reducción en el costo del mantenimiento mediante la aplicación de técnicas y herramientas de gestión. Por ello, es primordial tener claro que es la Gestión Integral dentro de Mantenimiento.

De la misma manera que una empresa no es la suma de todos los departamentos, sino una colaboración entre ellos, mantenimiento debe realizar una gestión que englobe todo. La

gestión de mantenimiento debe de enfocarse a todos los aspectos que, de una u otra manera, pasan por sus manos e influyen en el desarrollo de la empresa. La gestión debe ser tal que logre el máximo beneficio para las compañías. Si tenemos equipos duplicados, incrementaremos los costos financieros, pero reduciremos las fallas. Si aumentamos los costos de mantenimiento preventivo, las fallas reducirán, por lo que también lo hará el coste del mantenimiento correctivo. La gestión de mantenimiento debe actuar para buscar un punto mínimo de coste integral y adecuar sus medios para mantenerse en ese punto.⁵

A partir de la información mostrada se podemos decir que la gestión de mantenimiento debe enfocarse en todos los aspectos que pasan por sus manos y que influyen en el desarrollo de la organización, se debe de buscar un punto mínimo de coste integral y mantenerse en dicho punto.

1.3.1 Implantación de la gestión integral

Para la implantación de la gestión integral, primero se tiene que definir el plan maestro de actuación. El plan maestro debe de ser la descripción de las diferentes etapas de la implementación de la gestión integral de mantenimiento. Este plan debe de guardar coherencia con el plan estratégico de la compañía.⁶

Etapas para la implementación de la gestión integral

Análisis de la situación y recursos disponibles

La primera etapa consiste en realizar un análisis de la compañía y de su entorno, características de funcionamiento, etc. se trata de identificar nuestro punto de partida con el máximo conocimiento posible de nuestra situación. En esta etapa descubriremos que es lo que realmente estamos haciendo, como lo estamos haciendo y quien es el responsable. Un análisis de este tipo puede romper costumbres y modificar la cultura de actuación. En algunas ocasiones, las cosas se desarrollan sin haber tenido una previa planificación. Por otro lado,

⁵ Cfr. Navarro 1997: 51-52

⁶ Cfr. Navarro 1997: 52

debe de hacerse un inventario de los recursos disponibles o de fácil acceso con los cuales llegaremos a los resultados.⁷

Fijación de resultados

Teniendo claro el punto de partida, debemos definir los objetivos que queremos cumplir. Estos objetivos deben de involucrar a toda la empresa relacionando a las distintas áreas para alcanzar un objetivo y común. Los objetivos de mantenimiento y de la empresa deben de marchar paralelamente, nunca los objetivos personales deben imponerse a los de la compañía. No es recomendable establecer grandes objetivos sino ir avanzando y asegurando cada uno de los logros.⁸

Planificación y ejecución

En esta etapa debemos de gestionar los recursos para alcanzar los objetivos. Los recursos de mantenimiento lo podríamos simplificar en dos: la mano de obra y los repuestos. La gestión debe realizarse con el máximo aprovechamiento de los mismos. Por ello, es indispensable realizar una planificación antes de la ejecución.⁹

Control de los resultados

En esta etapa se establecerá los mecanismos de medida las cuales nos permita evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos. La comparación de los resultados se realizará en base a los modelos prefijados. Cuanto más simple y especificado sea este será más fácil determinar el grado de cumplimiento. La diferencia ente el modelo prefijado y los resultados deben de corregirse sobre la panificación y la ejecución.¹⁰

1.4 Niveles de Mantenimiento

Mora, plante cuatro niveles o categorías de mantenimiento bajo un enfoque sistemático, los cuales se puede observar en la figura 2.

⁷ Cfr. Navarro 1997: 52-53

⁸ Cfr. Navarro 1997: 53

⁹ Cfr. Navarro 1997: 54

¹⁰ Cfr. Navarro 1997: 54

Figura 2: Niveles de mantenimiento



Fuente: Mora 2013:56

Nivel 1: Instrumental (funciones y acciones)

El nivel instrumental abarca todos los elementos reales requeridos para que exista mantenimiento en una compañía; procura el manejo sistemático de toda la información construida, solicitada en un sistema de mantenimiento en lo referente a las relaciones entre personas, recursos productivos y máquinas. Este nivel también clasifica instrumentos como las 5S, el mejoramiento continuo, etc., y herramientas de orden técnico, como análisis de fallas, manejos de inventarios, pronósticos, etc. Este nivel comprende todo lo necesario para que exista un sistema de gestión de mantenimiento, e incluye: información, máquinas, herramientas, repuestos e insumos propios del mantenimiento, las técnicas, los registros históricos de fallas y reparaciones, inventarios, trabajadores, entrenamiento, entre otros.¹¹

Nivel 2: Operacional (acciones mentales)

Este nivel comprende todas las posibles acciones por realizar en el mantenimiento de los equipos, a partir de las necesidades y los deseos de los demandantes. Las acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas.¹²

¹¹ Cfr. Mora 2013: 56

¹² Cfr. Mora 2013: 57

Nivel 3: Táctico (conjunto de acciones reales)

Este nivel contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplica en un caso específico; es el grupo de tareas de mantenimiento que se realizan para alcanzar un fin. En este nivel aparecen el TPM, el RCM, el TPM y el RCM combinados, POM, reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.¹³

Nivel 4: Estratégico (conjunto de acciones y funciones)

En este nivel el campo estratégico está compuesto por las metodologías que se desarrollan con el fin de evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas; esto implica el establecimiento de índices, rendimientos e indicadores. Es la guía que permite alcanzar el estado de éxito propuesto y deseado. Se alcanza mediante el LCC, el CMD, los costos, la terotecnología, etc.¹⁴

1.5 El Conocimiento y el Mantenimiento

En numerosas literaturas existentes se define que el conocimiento es poder, pero como lo afirma Nonaka, lo importante del conocimiento en las organizaciones depende de lo que se pueda hacer con él dentro de un ámbito de negocios. Es decir, el conocimiento por sí mismo no es relevante, en tanto no pueda ser utilizado para dar origen a acciones de creación de valor. La gestión de conocimientos implica, por tanto, el uso de prácticas difíciles de observar y manipular. Esto presenta un problema para las empresas, más familiarizadas con la gestión y contabilidad del capital fijo. Son numerosos los factores del conocimiento y la experiencia que inciden en el mantenimiento, que basculan desde la propia misión a realizar y alcanzar las metas requeridas y mejorar el futuro de la actividad.¹⁵

¹³ Cfr. Mora 2013: 57

¹⁴ Cfr. Mora 2013: 58

¹⁵ Cfr. Cárcel 2016: 591

Figura 3: Factores del conocimiento



Fuente: Cárcel 2016:591

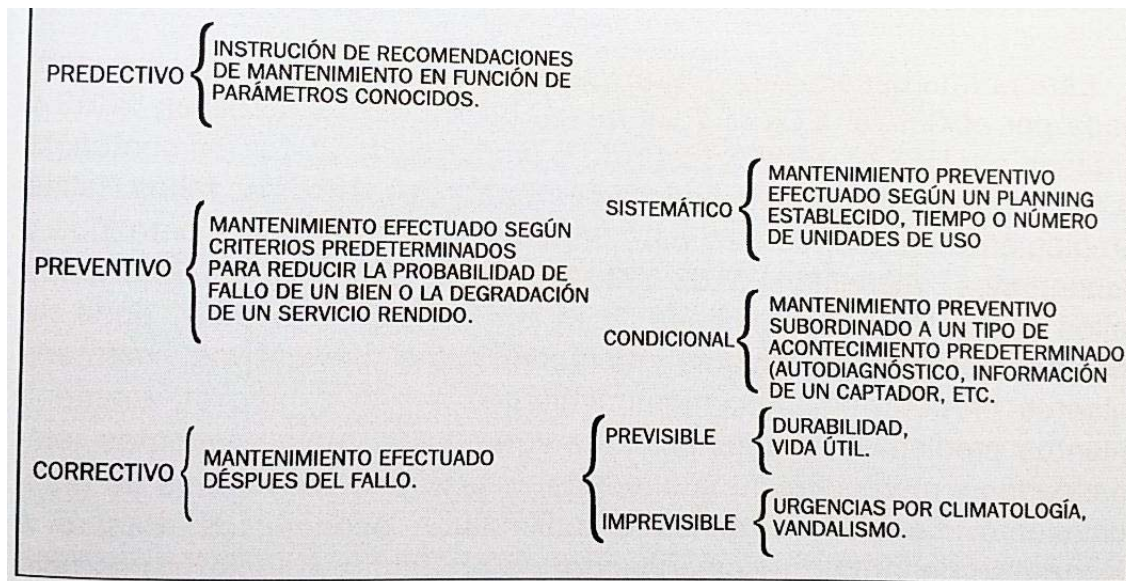
1.6 Tipos de Mantenimiento

En la actualidad la competencia entre las empresas es cada vez mayor por lo que la búsqueda de competitividad en cuanto a tiempo, costo y calidad se vuelve primordial para su sobrevivencia. Por ello, las organizaciones se ven obligadas a optimizar cada uno de sus procesos, aumentando el nivel de utilización de los equipos lo más que se pueda y asegurar la disponibilidad de sus equipos.

El mantenimiento debe verse como elemento estratégico para asegurar y elevar la competitividad de la organización. Por ello, es primordial conocer cada una de las estrategias de mantenimiento y así poderlas implementar de acuerdo a la necesidad de cada organización.

Según la Norma Francesa **AFNOR NFX 60-010**, las estrategias que se desarrollan dentro de las operaciones de mantenimiento se clasifican en tres tipos: Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo, como se muestran en la figura 4.

Figura 4: Tipos de mantenimiento según la norma AFNOR NFX 60-010



Fuente: González 2011: 67

A continuación, se describe cada uno de los tipos de mantenimiento detalladamente para entender de su importancia de cada uno de ellos.

1.6.1 Mantenimiento correctivo (MC)

El mantenimiento correctivo consiste en reparar las averías según se vayan produciendo. El principal problema de este tipo de mantenimiento, es que la detección de la avería se da justo en el momento en que se necesita el equipo. En muchos casos, con el objetivo de tener un mayor rendimiento de la máquina, el usuario no comunicara de la avería hasta que esta le impida seguir trabajando. Las averías pueden producirse en cualquier momento, en el cual podemos encontrarnos sin personal disponible, incrementándose la no disponibilidad del equipo. En caso contrario, tener personal suficiente para afrontar las averías imprevistas, demandara un incremento considerable en los gastos directos de mantenimiento. El personal de mantenimiento solo tiene contacto con el equipo a la hora de ejecutar la reparación, perdiendo toda la información de las maquinas durante su funcionamiento.¹⁶

De acuerdo a la información mostrada podemos decir que el mantenimiento correctivo es aquella actividad que se realiza cuando se presenta alguna falla o avería en los equipos o

¹⁶ Cfr. Navarro 1997: 32

instalaciones. Si la empresa manejara solo este tipo de mantenimiento, estaría obligado a tener numerosos trabajadores y un almacén con recambios extensa. Estos dos requisitos aumentan considerablemente los gastos de mantenimiento.

1.6.2 Mantenimiento preventivo (MP)

Respecto al mantenimiento preventivo, el autor German menciona lo siguiente:

“El mantenimiento preventivo corresponde a la unión entre el mantenimiento sistemático y mantenimiento predictivo. Se puede definir como la realización de cualquier tarea programada, de acuerdo con un plan previamente establecido cuyo objetivo consiste en reducir el potencial de ocurrencia de fallos que tendrán un efecto adverso sobre la confiabilidad, la disponibilidad o la seguridad de la planta.” (German 2002: 96)

Según la información mostrada, el mantenimiento preventivo es el desarrollo de una actividad de acuerdo a un plan de mantenimiento establecido con la finalidad de minimizar el potencial de fallos.

Sus principales ventajas frente a los demás tipos de mantenimiento son:¹⁷

- Disminuir la frecuencia de las paradas aprovechando para ejecutar múltiples reparaciones al mismo tiempo.
- Aprovechar el momento más oportuno, tanto para la producción como para el mantenimiento, para realizar las reparaciones.
- Preparar y aprovisionar los materiales y repuestos de recambio.
- Disminuir el trabajo de mantenimiento de una manera más uniforme evitando excesos de trabajo y optimizando la plantilla.
- En muchos casos evitar averías mayores como consecuencia de pequeñas fallas.

Para poder implantar este tipo de mantenimiento es necesario hacer un plan de seguimiento de todos los equipos de planta. En este plan se detallarán las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías en los equipos y la frecuencia con las que se realizara. Al detectar alguna anomalía se estudia sus causas y se programan para realizar las reparaciones correspondientes. El desarrollo del plan de seguimiento implica un coste adicional; sin

¹⁷ Cfr. Navarro 1997: 32

embargo, el número de anomalías que se detecta antes de que se convierta en averías justifica su implantación.¹⁸

Dentro del mantenimiento preventivo se maneja los siguientes mantenimientos:

- **Mantenimiento periódico**

Este mantenimiento tiene su fundamento en la curva de la bañera. En cualquier equipo, desde el punto de vista tradicional, la fase de puesta en operación se caracteriza por un número de averías superior a la considerada normal durante su explotación. Este periodo va decreciendo a medida que va pasando el rodaje inicial, se van implementando modificaciones durante la puesta en marcha. A continuación, tenemos un periodo dilatado en que la probabilidad de fallos es más o menos constante. A este periodo se le denomina vida útil. Pasado este periodo de vida útil en que los fallos son totalmente aleatorios el equipo técnico de mantenimiento poco o nada puede hacer para anticiparse a ellos. La curva de la bañera, era fiable cuando la mayoría de los mecanismos se basaban en componentes puramente mecánicos.¹⁹

- **La lubricación**

Como se sabe, dos superficies solidas pueden deslizar fácilmente una sobre otra cuando hay una capa de fluido que las separe. La lubricación es el fenómeno por el que se evita el rozamiento en dos metales que tienen movimiento relativo entre sí, gracias a la fricción solido-liquido. La fuerza que ejerce el fluido lubricante para separar las superficies solidas entre sí, se basa en el efecto denominado cuña. El lubricante tendrá que sustituirse cuando pierda sus variables, sobre todo la viscosidad y tendrá que reponerse periódicamente si hay pérdidas o consumos.²⁰

1.6.3 Mantenimiento predictivo (MPd)

Este tipo de mantenimiento debe entenderse como aquella metodología que se basa las intervenciones en la maquina sobre la que se aplica, en la evolución de una determinada

¹⁸ Cfr. Navarro 1997: 32-33

¹⁹ Cfr. González 2011: 137-138

²⁰ Cfr. González 2011: 143

variable que sea realmente identificadora de su funcionamiento. El mantenimiento predictivo es aquella que se apoya en mediciones rigurosas de variables y tratamiento de dichas medidas, experiencias concretas anteriores, en tendencias evolutivas de dichas variables y en una rigurosa predicción de las condiciones futuras del equipo o sistema basándose en las mediciones.²¹

El mantenimiento predictivo supone la medición de diversos parámetros que tengan una relación con el ciclo de vida del equipo, entre las cuales tenemos a los siguientes:

- **Mantenimiento predictivo basado en análisis de vibración**

Este es uno de los métodos en los que más se ha avanzado dentro de la tecnología del mantenimiento. Su fundamento es simple: por muy perfecta que sean las maquinas vibran en funcionamiento, y dentro de esa vibración se almacena gran cantidad de información que puede ser útil para conocer el estado de la máquina. Es analizado la forma de vibrar con los cuales se puede deducir las tendencias, se puede programar intervenciones preventivas para el momento que sea necesaria antes de que se llegue a producir una avería. Los equipos o sistemas utilizados para las mediciones son: Transductores mecánicos, Transductores inductivos, Transductores capacitivos y Transductores mediante transformador²²

- **Mantenimiento predictivo basado en el análisis de aceites**

Este es un método extremadamente útil pero poco extendido en nuestro entorno de mantenimiento. Una de las pérdidas más significativas se da a través de la fricción. La fricción aparece en casos anormales de funcionamiento y suele desembocar en un fallo catastrófico. La degradación del aceite se da con la pérdida de sus características y sus aditivos, la cual es conocida, definiendo la periodicidad de sustitución. El periodo de cambio es fácil de definir mediante análisis de laboratorio que dan el momento de cambio.²³

²¹ Cfr. González 2011: 167

²² Cfr. González 2011: 167

²³ Cfr. González 2011: 201

- **Mantenimiento predictivo basado en la temperatura**

Esta técnica se basa en que todos los cuerpos por estar superior a al 0 absoluto, emiten una radiación electromagnética. Como es sabido que una de las variables responsables de la degradación de los elementos es la temperatura. Los sistemas de termografía infrarroja son capaces de captar la radiación producida por la temperatura del objeto observado. Uno de los problemas de aplicar esta técnica es la baja accesibilidad a elementos que deben ser medidos.²⁴

A partir de la información mostrada podemos concluir que el MPd es aquel que se realiza luego de hacer un seguimiento a algunas de las más variables de los equipos críticos. Estas variables son medidas en un intervalo de tiempo definido para posteriormente analizarlos y pronosticar la falla del equipo y realizar el mantenimiento antes de que ocurra. Las variables más comunes que analizar son: la temperatura, la presión, la cantidad de partículas presentes en el aceite usado, el ruido, la vibración, la viscosidad del aceite, ensayos no destructivos con tintes penetrantes o por ultrasonido, etc.

1.7 Técnicas Organizativas del Mantenimiento Avanzado

No es lo mismo una técnica organizativa que un mantenimiento predictivo. El RCM es una técnica que nos ayuda a replantear todo nuestro mantenimiento con base en la fiabilidad o análisis de fallo y utiliza, entre otras la tecnología del mantenimiento llamada predictivo. TPM es otra técnica organizativa, basada en transferir a producción gran parte de las actividades de mantenimiento.²⁵

1.7.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El RCM es una técnica que permite determinar convenientemente las necesidades de mantenimiento de cualquier activo físico. También se ha definido como un método que identifica las funciones de un sistema y la forma en que esas funciones pueden fallar. El RCM propone la identificación de los modos de falla que preceden a las posibles fallas de los equipos y la ejecución de un proceso para la selección de las tareas de mantenimiento.

²⁴ Cfr. González 2011: 201

²⁵ Cfr. González 2011: 93

El resultado será el conjunto de actividades de mantenimiento recomendadas para cada equipo. Se definirá el contenido concreto de las actividades específicas que deben realizarse y sus frecuencias de ejecución. Concretamente, la metodología de análisis RCM propone un procedimiento, por medio de la formulación de siete preguntas que permiten identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos, ver tabla 1.²⁶

Tabla 1: Metodología RCM

1	¿Cuáles son las funciones que debe cumplir el activo y cuál es el desempeño esperado en su actual contexto operacional definido?
2	¿De qué forma puede fallar completa o parcialmente el equipo?
3	¿Cuál es la causa origen del fallo funcional?
4	¿Qué sucede cuando ocurre un fallo?
5	¿Cuál es la consecuencia de cada fallo?
6	¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir la ocurrencia de cada fallo funcional?
7	¿Qué puede hacerse si no es posible prevenir o predecir la ocurrencia del fallo funcional?

Fuente: Viveros 2013: 133

A continuación, se describe algunas de las acciones que se pueden diferenciar dentro del RCM:²⁷

- Acción correctiva: Reparación o reemplazo sobre las fallas. El costo de control o detección de fallas excede los beneficios.
- Acción preventiva: Reparación o reemplazo sobre tiempos o ciclos.
- Acción predictiva: Se emplean condiciones de monitoreo para detectar fácilmente etapas de falla. Reemplazo o reparación sobre condición.
- Además de estas acciones el RCM combina alguna de las actividades de mantenimiento proactivo para detectar y analizar la causa de falla.

²⁶ Cfr. Viveros y otros 2013: 133

²⁷ Cfr. Mora 2013: 446

En la siguiente figura se muestra los beneficios que se alcanza con la implementación del RCM.

Figura 5: Beneficios alcanzados con la implantación del RCM

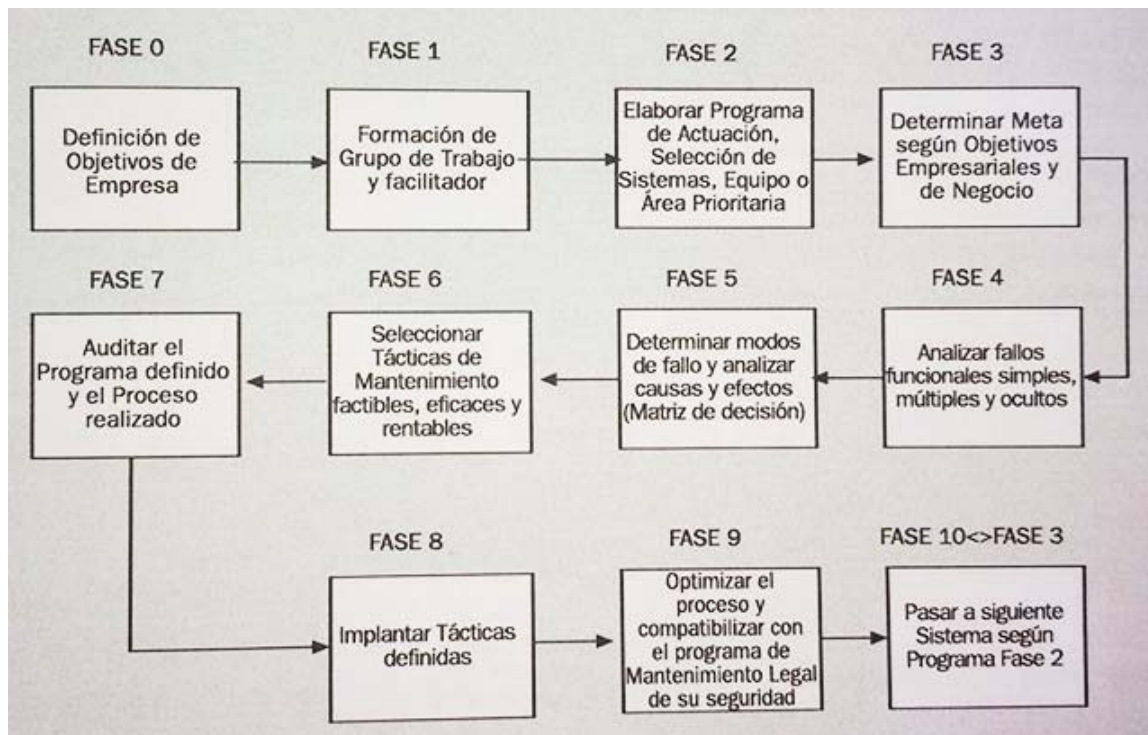
BENEFICIOS A PERSEGUIR COMO METAS EN UN MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD				
Costos	Servicios	Calidad	Tiempo	Riesgos
<ul style="list-style-type: none"> * Reducir los niveles y costos de mantenimiento preventivo rutinario. * Definir directrices y objetivos concretos para sustituir preventivos rutinarios como predictivos. * Reducir los niveles de mantenimiento contratado y sus importes. * Reducir las paradas en producción de forma rentable haciendo reingeniería. 	<ul style="list-style-type: none"> * Conocer mejor los requerimientos de servicio del cliente. * Definir de forma consensuada niveles de calidad de servicio. * Reducir las averías con especial incidencia en las que repercuten en el servicio. * Mejorar comunicación entre mantenimiento y producción. 	<ul style="list-style-type: none"> * Incremento de la disponibilidad por menor preventivo y menor correctivo. * Eliminación de fallos crónicos que "no entiende" producción cómo no se reparan. * Mejora en la corresponsabilización y adhesión al cambio en el mantenimiento. * Mejor documentación de cambio y sistema auditable por terceros. 	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción en las paradas programadas para grandes revisiones. * Intervalos normalmente más largos entre paradas por seguimientos predictivos. * Tiempos de reparación más cortos por mejor conocimiento del sistema en su conjunto. 	<ul style="list-style-type: none"> * Mejor aseguramiento de la integridad de seguridad y entorno. * Análisis de fallos ocultos y sus causas, que no suelen revisarse en mantenimientos rutinarios. * Reducción de la posibilidad de fallos múltiples. * Reducción de riesgos asociados a las tareas rutinarias.

Fuente: González 2005: 100

1.7.1.1 Fases de implantación del RCM

Para implementar el RCM en una compañía se tiene que seguir cada una de las fases de implantación, las cuales se muestran en la figura 6.

Figura 6: Fases de implantación del RCM



Fuente: González 2011: 105

De acuerdo a la información presentada podemos decir que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es una técnica que permite asegurar la confiabilidad operacional de cualquier activo, ya que se basa en la identificación de los modos de falla de los equipos para diseñar sus planes de mantenimiento, donde se especifica las actividades a desarrollar y la frecuencia de estas.

1.7.2 Mantenimiento productivo total (TPM)

Respecto al mantenimiento productivo total, el autor Nallusamy menciona lo siguiente:

“TPM es un sistema japonés único de gestión de plantas, desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo. Las actividades de TPM eliminan las pérdidas de equipos relacionadas con la disponibilidad, la tasa de rendimiento y la tasa de calidad (...). Varias herramientas como 5S, Yoke Poka, Kaizen, Kanban, JIT, etc se han utilizado durante la aplicación del Lean manufacturing en diversos tipos de industrias. Está estrechamente vinculado a Just in Time (JIT) y Total Quality Management (TQM) y es una extensión del Mantenimiento Preventivo (PM), donde las máquinas trabajan con alta productividad y eficiencia, y donde el mantenimiento es responsabilidad de todos los empleados, y enfocado evitar los problemas antes de que ocurra.” (Nallusamy 2016: 120)

Importantes ventajas y mejoras que brinda la implementación del TPM:

- Reducción del número de averías de equipo
- Reducción del tiempo de espera y preparación de los equipos de trabajo
- Aumento del control de herramientas y equipos
- Conservación del medio ambiente y ahorro de energía
- Mayor formación y experiencia de los recursos humanos ²⁸

1.7.2.1 Implantación del TPM

Las metas y objetivos que se deben de marcarse en una implementación del TPM son las siguientes:

- Mejorar significativamente la eficiencia de la empresa y la productividad del personal de producción y mantenimiento.
- Implantar un sentimiento de propiedad de los operarios de producción sobre sus equipos, a través de un programa de formación y, especialmente, de implicancia con la nueva técnica.
- Promover la mejora continua a través de grupos de trabajo que inculquen la idea de unión y coordinación entre producción, ingeniería y mantenimiento que tanta falta hace en muchas empresas. ²⁹

Una vez tomada la decisión de implementar el TPM se debe seguir los siguientes pasos:

Primer paso: revisar el lay-out de la zona o área donde vayamos a implementar el TPM. Seguro que de esta evaluación nacerán mejoras de flujos de trabajo, minimización de movimientos, mejor accesibilidad a herramientas y equipos, etc.

Segundo paso: realizar una revisión de la actual mantenibilidad de las maquinas. Es seguro también que de estas revisiones saldrán propuestas de mejora. ³⁰

A partir de la información presentada podemos decir que el TPM es una metodología japonesa que pretende elevar la eficiencia de los equipos y la productividad de la empresa.

²⁸ Cfr. Gonzalez 2011: 120

²⁹ Cfr. Gonzalez 2011: 123-124

³⁰ Cfr. Gonzalez 2011: 124-125

Este modelo se basa en el trabajo en equipo, la proactividad, la mejora continua y en la realización de tareas sencillas y repetitivas para mejorar la competitividad.

1.8 Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento son asignados anualmente, teniendo en cuenta lo antes mencionado se debe planificar los trabajos para evitar tener paradas no planificadas que lleguen a encarecer la reparación y en consecuencia estar fuera del límite superior del presupuesto.

Teniendo en cuenta las fuertes exigencias a las que están sometidas las organizaciones de mantenimiento, no se observa compensado en su estructura de costes desde hace 20 años. Es una actividad con una aportación superior al 70% de mano de obra cualificada, esto indica el abandono, desconocimiento de la función del mantenimiento, o falta de visión estratégica por parte de la dirección de la empresa.³¹

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento del "stock" de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes³²

Según Mora 2009: 467 existen cuatro tipos de costos:

1.8.1 Costos fijos

Son las que se refieren a todas las acciones planeadas de mantenimiento e implican los valores que se pagan por usar todos los instrumentos básicos, avanzados de orden técnico, que se requieren para llevar a cabo las tareas proactivas.³³

³¹ Cfr. Cárcel .2014: 49

³² Cfr. Lourival 2014: 16

³³ Cfr. Mora:2009: 468

A estos costos se le denominan fijos porque no dependen del volumen de producción y en lo general son planeados dentro de un plan de monitoreo y seguimiento. Asimismo, son trabajos específicos que se relacionan a tareas proactivas.

1.8.2 Costos variables

Son los gastos en que se incurre cuando aparecen fallas o reparaciones no planeadas. Todas las acciones correctivas o modificativas no planeadas generan estos costos, sus valores dependen de la mano de obra, repuestos, materiales, instrumentos. Estos costos se pueden controlar mediante la aplicación de instrumentos, como el análisis de fallas, el procedimiento FMECA y demás métodos que eviten las fallas.³⁴

Está directamente relacionado a las ocurrencias no planeadas y los recursos que se utilicen para solucionar y/o eliminar las fallas.

1.8.3 Costos financieros

La inversión que se tenga en repuestos, insumos y/o materias primas de mantenimiento en almacenes, la duplicidad de maquinaria para elevar la confiabilidad (o disponibilidad) y demás valores asociados generan los costos financieros.³⁵

El costo financiero asocia la vida útil del equipo y el costo de oportunidad por no tener operativo los equipos.

1.8.4 Costo de la no disponibilidad por fallas

El valor que implica no poder utilizar una máquina, debido a reparaciones o modificaciones causadas por fallas imprevistas, es el rubro más importante de los costos de mantenimiento.³⁶

Este costo es posiblemente una de los más importantes de la gestión de costos y también uno de los menos atendidos debido a que las empresas no le prestan mucha atención.

³⁴ Cfr. Mora 2009: 467

³⁵ Cfr. Mora 2009: 468

³⁶ Cfr. Mora 2019: 468

1.9 Indicadores

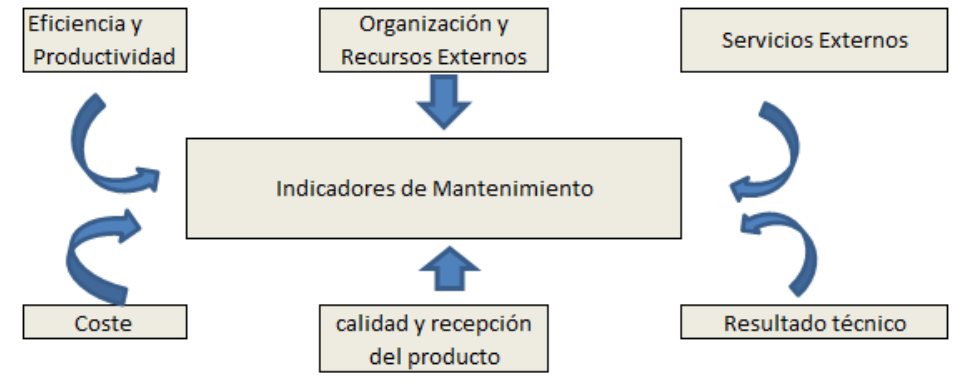
Debemos ser conscientes de que solo se puede mejorar aquello que se puede medir. Por lo tanto, todo responsable de mantenimiento que afronte un proceso de mejora, tiene la necesidad de medir en qué situación se encuentra ahora. De aquí la importancia que se le tiene que dar a los indicadores de mantenimiento.

Actualmente, nuestras empresas tienen grandes vacíos en la medición del desempeño de las actividades logísticas de abastecimiento y distribución a nivel interno (procesos) y externo (satisfacción del cliente final). Sin duda, lo anterior constituye una barrera para la alta gerencia, en la identificación de los principales problemas y cuellos de botella que se presentan en la cadena logística, y que perjudican ostensiblemente la competitividad de las empresas en los mercados y la pérdida paulatina de sus clientes. Todo se puede medir y por tanto todo se puede controlar, allí radica el éxito de cualquier operación. El adecuado uso y aplicación de estos indicadores y los programas de productividad y mejoramiento continuo en los procesos logísticos de las empresas, serán una base de generación de ventajas competitivas sostenibles y por ende de su posicionamiento frente a la competencia nacional e internacional.³⁷

La figura 7 representa los factores que influyen en los indicadores de mantenimiento, tales como la eficiencia y productividad, el coste, los recursos externos, calidad, servicios externos, resultados técnicos. Todos ellos constituyen los indicadores de mantenimiento.

³⁷ Cfr. Bermeo 2010: 70

Figura 7: Fases de implantación del RCM



Fuente: Fernández 2012:33

De acuerdo a la figura 7, los indicadores de mantenimiento se encuentran en todos los procesos y en especial los que guardan relación con mantenimiento, cada uno de estos factores serán tomados en cuenta para el análisis del presente proyecto de investigación con el fin de poder determinar el impacto que ocasionan y la forma de reducirlo.

1.9.1 Indicadores del mantenimiento

El principal problema de muchas empresas en muchos casos es que no tiene el indicador correcto que muestre la situación real del área de mantenimiento e identifique las falencias para que puedan ser reforzadas.

La evaluación del mantenimiento permite analizar el cumplimiento de los objetivos, el estado de los trabajos y permite identificar los aspectos sobre los cuales es necesario trabajar para hacer más eficiente esa actividad, y desarrollar las acciones para la mejora. Todo esto puede lograrse con la ayuda de indicadores, los cuales tienen como función evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes, permitiendo implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar dicha labor. Para garantizar el éxito en la evaluación, los indicadores a utilizar deben ser pocos, para no ser redundantes en algunas actividades y quitar atención a aquellos que sí lo

son y que su selección debe estar en correspondencia con el estado real de los procesos, el desempeño, objetivos y estrategias de la organización.³⁸

Estas son las diez reglas de oro para definir los indicadores³⁹

- a. Los resultados deben de medir lo que realmente la empresa espera de mi departamento
- b. Los indicadores deben de ser representativos y fáciles de medir
- c. Los indicadores de resultado deben de tener en cuenta a los clientes internos
- d. Analice la posibilidad de medir tiempos de ciclos y procesos
- e. Analice indicadores de la competencia
- f. Esfuércese en implantar una cultura de medición en sus técnicos
- g. Utilice solo e indispensablemente los indicadores que le interese
- h. Preocúpese de involucrar a su equipo en la definición del indicador
- i. Analice la eficiencia de cada indicador
- j. Elimine o cambie aquellos indicadores que lo precisen

1.9.1.1 Indicadores básicos del servicio de mantenimiento

Los indicadores básicos son tres conocidos como:

Tiempo promedio entre fallos (MTBF)

Es denominado como tiempo medio entre fallos, está ligado a la fiabilidad o probabilidad de buen funcionamiento.

$$\bullet \text{ TASA DE FALLOS } : \lambda = \frac{1}{MTBF} \text{ (N}^\circ \text{ de averias por unidad de tiempo)}$$

El MTBF nos indica cada cuanto tiempo se produce una falla de manera cuantitativa y relaciona a los eventos no deseados denominados fallas en la cantidad de horas de operación de los equipos.

³⁸ Cfr. Capotel, Fernandez y Shkiliovall 2016: 40-41

³⁹ Cfr. González 2010: 39-44

Tiempo promedio de reparación (MTTR)

Es denominado como tiempo medio de reparación, está ligado a la mantenibilidad o facilidad con que puede hacerse una intervención de mantenimiento. Un parámetro derivado del anterior:

$$\bullet \text{TASA DE REPARACIÓN: } \mu = \frac{1}{MTTR} \text{ (Nº. de reparaciones por unidad de tiempo)}$$

El MTTR indica de manera cuantitativa la cantidad de tiempo que se demora en reparar un evento o falla.

Disponibilidad

Disponibilidad se define la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico.⁴⁰

Figura 8: Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento}}{\text{Tiempo que puede operar}}$$

Fuente: Gutiérrez 2011: 78

En la figura 8 se representa la relación que existe entre el tiempo de operación que se realiza de forma real entre el tiempo establecido que opera el equipo de manera normal o bajo estándar del fabricante.

1.10 Mejora Continua

⁴⁰ Ramakumar y otros en Gutiérrez 2011: 67

La mejora continua consiste en tratar de optimizar el uso de los recursos básicos para la producción y el mantenimiento a través del análisis de las actividades, procesos y macroprocesos. Esto con el fin de eliminar tiempos muertos, controlar y erradicar fallas, reducir costos, elevar los niveles de servicio, mejorar la productividad, incrementar la rentabilidad e incrementar la competitividad de la compañía. Dentro de la filosofía de la mejora continua son muy importantes aspectos como el enfoque de mantenimiento centrado en el cliente, las 5S, el TPM, y la calidad total. Existen diversos métodos que contribuyen al mejoramiento continuo aplicables a la gestión de mantenimiento. Entre ellos sobresalen el Kaizen que se fundamenta en la superación individual y grupal y el PM, que consiste en estudios de procesos de materias primas, maquinas, energía y señales.⁴¹

A partir de la información presentada podemos decir que la mejora continua nos ayuda a optimizar el uso de los recursos, eliminando las fallas, tiempos muertos, etc.

1.10.1 Kaizen

La necesidad de edificar desde el principio las bases financieras y productivas de Japón, implicó una integración entre altos, medios y bajos perfiles, es decir, todos con igual compromiso de afrontar los nuevos retos, desafíos que se presentaban día tras día. Kaizen surgió entonces como una filosofía sinérgica que integraba la capacidad de respuesta de todos los perfiles, para así afrontar los desafíos que se planteaban cotidianamente, además, al ser necesario no solo restablecer el tejido económico, sino social, este se convirtió en un estilo de vida, lo cual generó un cambio cultural que repercutió en el desempeño productivo de los japoneses, razón por la cual autores como Masaaki Imai, consideran al Kaizen como la clave de la ventaja competitiva japonesa.⁴²

¿Qué es el Kaizen?

“La estrategia de Kaizen se puede definir en base a términos utilizados por varios autores. Sin embargo, Massaki Imai, el fundador de esta estrategia lo define de la manera más apropiada. La base del término es muy simple y clara: Kaizen significa

⁴¹ Cfr. Mora 2013: 303

⁴² Suarez 2011:287

mejorar y perfeccionar. Los conferenciantes del Instituto Kaizen de las Repúblicas Checa y Eslovaca se refieren a ella como un proceso de cambio.” (Erika 2016: 1456)

De acuerdo a la información presentada Kaizen es una filosofía japonesa que se utiliza para mejorar y perfeccionar las operaciones.

1.10.2 El Ciclo PDCA

En Japón, el ciclo PDCA, conocido también como ciclo Deming, ha sido utilizado como una metodología de mejora continua y se aplica a todo tipo de situación. Está basado en la subdivisión del trabajo entre dirección, inspectores y operarios, que consta de cuatro etapas. La dirección empieza por estudiar la situación actual del proceso para presentar un plan de mejora. Después, los operarios se encargan de ejecutar el plan. Posteriormente, los inspectores revisan la ejecución para ver si se ha alcanzado los objetivos planteados y por último la dirección analiza los resultados y estandariza el método o en caso contrario de que los resultados no hayan sido los esperados, desarrolla acciones correctivas.⁴³

Se detectaron insuficiencias relacionadas con las acciones preventivas, un aspecto muy importante a considerar. Por lo tanto, se modificó y el nuevo ciclo PDCA quedó como se muestra en la figura 8. Ahora la dirección formula planes de mejora haciendo uso de las herramientas estadísticas, como, por ejemplo, diagramas de Pareto, histogramas, diagrama causa efecto, etc. Los operarios aplican el plan a su área, implantando el ciclo PDCA completo. La dirección y los inspectores verifican si se ha producido la mejora deseada y, por último, la dirección hace correcciones si es necesario y normaliza el método. Este proceso se desarrolla de forma permanente, de manera que, siempre que aparezca una mejora, el método se normaliza y es analizado con nuevos planes.⁴⁴

⁴³ Cfr. Camisón 2006: 875-876

⁴⁴ Cfr. Camisón 2006: 876

Figura 9: Ciclo PDCA



Fuente: Camisón 2006: 875

Ishikawa, afirmó que la esencia de la calidad total reside en la aplicación de forma repetida de ciclo PDCA hasta la consecución del objetivo. Para él, el ciclo PDCA se compone de cuatro etapas y su implantación comprende seis pasos que se van repitiendo sucesivamente.

Las etapas y los pasos son las siguientes:

1. Planificar (Plan)

1. Definir los objetivos
2. Decidir los métodos a utilizar

2. Hacer (Do)

3. Llevar a cabo la educación y formación
4. Hacer el trabajo

3. Comprobar (Check)

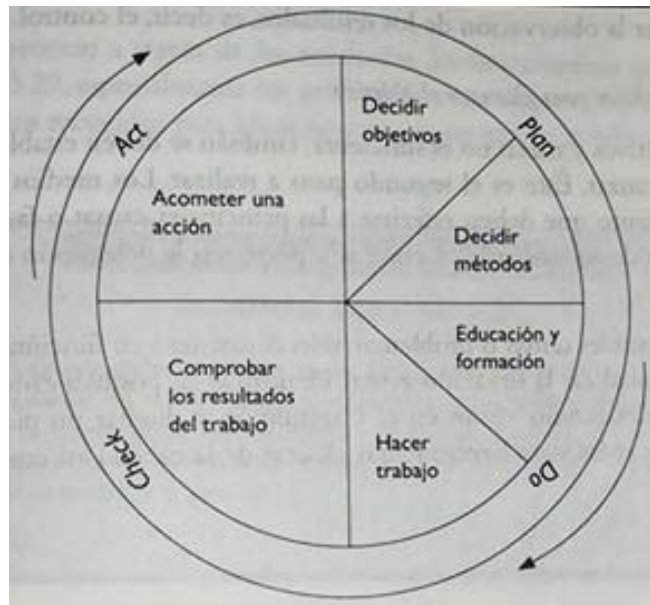
5. Comprobar los resultados

4. Actuar (Act)

6. Aplicar una acción ⁴⁵

⁴⁵ Cfr. Camisón 2006: 877

Figura 10: Ciclo PDCA de Ishikawa



Fuente: Camisón 2006: 877

Etapas del ciclo PDAC

Etapa PLAN

1. Definir los objetivos

Lo primero que se tiene que hacer es determinar los objetivos y metas. Estos deben de ser claros y concisos, donde se indique las fechas concretas.

2. Decidir los métodos a utilizar para alcanzar el objetivo

Se tienen que indicar los medios por los cuales se alcanzaran los objetivos. Los medios son las normas técnicas y operativas que deben de referirse a los principales factores que afectan el proceso. Para identificar posibles problemas, seleccionar uno en función de criterio de prioridad, definir los objetivos, analizar la situación actual, identificar las posibles causas, y diseñar un plan de mejora se puede usar las siete herramientas de calidad.⁴⁶

⁴⁶ Cfr. Camisón 2006: 878

Etapa (Do)

3. Llevar a cabo la educación y formación

Para ejecutar el plan diseñado en la fase anterior, es necesario que las normas establecidas se entiendan y sepan aplicar. En esta etapa se brindará la educación y formación necesaria a todos los implicados, siendo la formación de tres tipos: en grupo, de los superiores a los subordinados e individual mediante la delegación de autoridad.

4. Hacer el trabajo

Consiste en poner en marcha las normas establecidas en la fase de planificación.⁴⁷

Etapa (Check)

5. Comprobar los resultados

En esta etapa se verifica si el trabajo se está llevando conforme a lo planificado en la primera etapa, se trata de comprobar los resultados. La comprobación se debe de realizar de dos formas: observar en el lugar de trabajo que todo funcione conforme a las normas e instrucciones, verificar a través de los resultados. Ishikawa señala la importancia del control en esta etapa, el control no se tiene que realizar con la inspección, se debe controlar observando los resultados, descubriendo las anomalías en el trabajo, los procesos y las operaciones y eliminando las causas de las anomalías.⁴⁸

Etapa ACT

6. Aplicar una acción

En esta etapa se pueden dar dos situaciones:

a. Se ha alcanzado el objetivo

Esto sucede cuando en la etapa anterior, se confirma lo establecido en la etapa Plan. En este caso se tendrá que normalizar los procedimientos y establecer las condiciones para mantenerlo.

b. No se han alcanzado el objetivo

⁴⁷ Cfr. Camisón 2006: 878

⁴⁸ Cfr. Camisón 2006: 878-879

En este caso, detectado las posibles anomalías y causas, se debe proceder a eliminarlos y comenzar de nuevo el ciclo PDCA.⁴⁹

A partir de la información presentada podemos decir que el ciclo PDCA, es una metodología de mejora continua, el cual hace uso de las herramientas estadísticas, como: diagramas de Pareto, histogramas, diagrama causa efecto, etc. El ciclo PDCA se compone de cuatro etapas (PLAN, DO, Check y ACT) y su implantación comprende seis pasos que se van repitiendo sucesivamente.

1.10.3 Las 5S

Las 5S, es una metodología que nació en Japón, a lo largo del tiempo se ha aplicado con excelentes resultados por su sencillez y efectividad, no son solo una moda, sino una conducta de vida diaria que nos ayudara a lograr una ventaja competitiva.

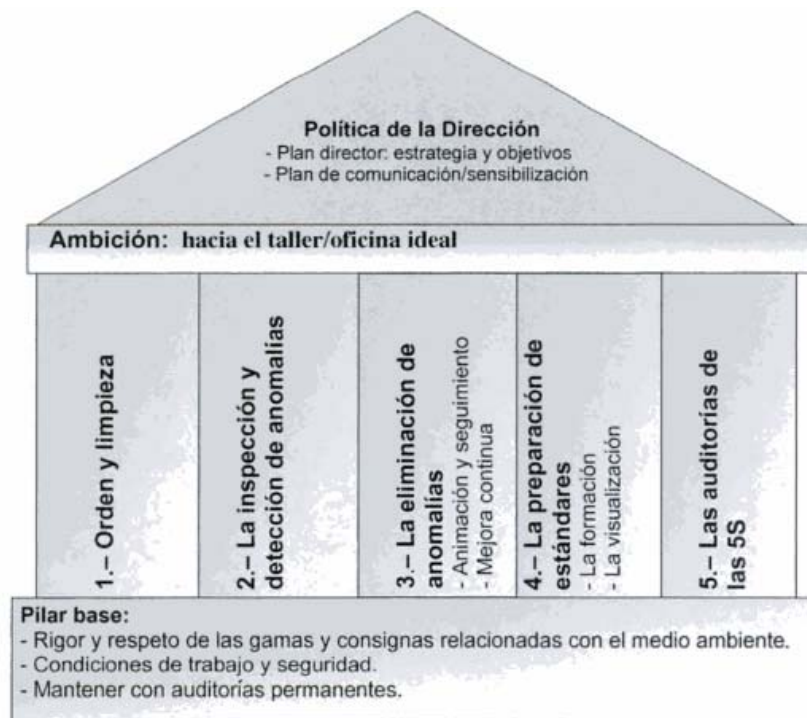
Desde su desarrollo original de las 5S, se ha venido implementando esta herramienta en empresas industriales y empresas de servicio, las 5S se pueden ajustar mejor en las empresas de servicio dando una mayor posibilidad de mejora y desarrollo. Se puede decir que las 5S se ajustan a niveles de operación como niveles de dirección, siempre con el fin de alcanzar una mayor productividad. 5S es una metodología que está enfocada en la organización del trabajo con el fin de minimizar los desperdicios, asegurando que las zonas o áreas de trabajo se encuentren bien definidas, señalizadas, organizadas y limpias, con los estándares necesarios y una disciplina para que todo el trabajo avanzado siga para adelante, con el fin de mejorar la productividad, y proveyendo las bases para la implementación desarrollo de un proceso sin desperdicios.⁵⁰

La aplicación de las 5S se sustenta en los cinco pilares, los cuales se muestran en la figura 11.

⁴⁹ Cfr. Camisón 2006: 879

⁵⁰ Cfr. Castañeda 2011: 1

Figura 11: Pilares de las 5S



Fuente: Rey 2005: 28

Para la implementación de la metodología de las 5S se tiene que seguir los siguientes pasos:

Paso 1: SEIRI

El objetivo de esta etapa, es distinguir lo importante de lo no importante en el lugar de trabajo. Es necesario pasar por todo el lugar de trabajo y cada cosa que se encuentra en el lugar, preguntarse si es necesario para trabajar o no. Si la respuesta es afirmativa, la siguiente pregunta es, si el artículo revisado es necesario para trabajar cada día o sólo para ciertos casos. Los artículos usados diariamente se mantienen en el lugar de trabajo y las cosas con una frecuencia excepcional se marcan con una tarjeta verde que simboliza su reubicación lejos de lugar de trabajo. En caso de que los artículos revisados no sean necesarios para realizar la producción, se etiqueta con tarjeta roja. Las cosas marcadas con tarjetas rojas se desechan a la basura. Además de tarjetas rojas y verdes, también se tiene las tarjetas amarillas. El color amarillo indica la necesidad de reparación.⁵¹

⁵¹ Cfr. Durana 2016: 20

Paso 2: SEITON

El objetivo del segundo paso es un arreglo sistemático de las cosas para encontrarlas en un menor tiempo. Los trabajadores deciden sobre la distribución óptima de herramientas y máquinas en el lugar de trabajo. El arreglo es temporal, es definitivo después de la aprobación de los trabajadores. Es muy importante determinar la cantidad óptima de materiales en el lugar de trabajo para no saturar el espacio de trabajo.⁵²

Paso 3: SEISO

El objetivo principal del tercer paso es mantener todo limpio. Debe mantenerse limpio no sólo el lugar de trabajo sino también todas las cosas asociadas con el proceso de producción (maquinaria, equipo, herramientas). La limpieza se refiere a la eliminación de impurezas y también a las posibles fuentes de contaminación. Buena motivación y un ejemplo de cambio positivo en el lugar de trabajo están tomando fotos antes y después del paso SEISO. Los trabajadores tienen que limpiar su lugar de trabajo, ya que cada trabajador es responsable de la apariencia de su área de trabajo.⁵³

Paso 4: SEIKETSU

Después de implementar con éxito las 3S viene el paso asociado con la estandarización. La estandarización considera la eliminación del retorno del estado original. Se desarrollará, aprobará y emitirá el estándar del lugar de trabajo y la ubicación de las cosas. Las normas se desarrollan en cooperación con los operadores interesados y reflejan sus necesidades y experiencias del proceso realizado. Sin la cooperación con los trabajadores en la elaboración de normas, existe la presunción de que las normas no contendrán suficiente profundidad de procedimiento.

Principales características del estándar: Fácil, Comprensible, Gráficos (fotos con textos cortos) y Respetar los requisitos de seguridad en el lugar de trabajo.⁵⁴

Paso 5: SHITSUKE

⁵² Cfr. Durana 2016: 20-21

⁵³ Cfr. Durana 2016: 21

⁵⁴ Cfr. Durana 2016: 21-22

El objetivo de la etapa final de este método es construir y respetar una cultura de 5S y utilizar la autodisciplina para mantener y mejorar continuamente la condición del lugar de trabajo. La esencia de este paso consiste en realizar las inspecciones. Los inspectores evalúan el cumplimiento de las normas establecidas. Los controles pueden ser efectuados por los trabajadores. La tarjeta de control es una excelente herramienta para complementar el control.⁵⁵

Los beneficios de las 5S

La implementación de las 5S de una forma exitosa, nos ofrece los siguientes beneficios:

- Reducción del área de trabajo del 20 al 40%,
- La reducción de las existencias en el lugar de trabajo en un 80%
- Mejora de la calidad del 10 - 20%,
- Reducción del tiempo de búsqueda en un 50%,
- Acortamiento del tiempo de subida entre el 10 y el 15%,
- Reducción de las operaciones de montaje en un 30%.⁵⁶

A partir de la información presentada podemos decir que las 5S es una metodología japonesa que está enfocada en la organización del trabajo con el fin de minimizar los desperdicios, asegurando que las áreas de trabajo se encuentren bien definidas, señalizadas, organizadas y limpias, con los estándares necesarios, con el fin de mejorar la productividad. Para la implementación de las 5S se tiene que seguir 5 pasos (SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSO y SHITSUKE)

1.11 Otras Herramientas

1.11.1 Mejora del cambio rápido de máquina – SMDE

SMED es un acrónimo de Single Minute Exchange of Die, cuya traducción es cambio de útiles en pocos minutos. El SMED es una metodología destinada a mejorar el tiempo destinado a las tareas de cambio de máquina para dar el máximo aprovechamiento a la máquina, reducir el tamaño de lotes, reducir los costes y aumentar la flexibilidad en el

⁵⁵ Cfr. Durana 2016: 23

⁵⁶ Cfr. Ekonomiky 2016: 23

servicio a los clientes. Las técnicas SMED tienen como objetivo reducir los cambios de útiles, las reparaciones de máquina y líneas de producción.⁵⁷

“La técnica SMED, comprende el tiempo empleado desde el momento en que se fabricó la última pieza buena del motor anterior, hasta el momento en que se fabrica la primera pieza buena del modelo siguiente y hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para la reducción de los plazos de fabricación (..)” (Fuentes y otros 2015: 31)

La implementación efectiva solo es posible cuando da las siguientes condiciones:

- Tomará conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades, la disminución de los tiempos de preparación.
- Concienciar de la problemática a los empleados, y prepararlos mediante capacitaciones y entrenamientos, con el fin de incrementar la productividad y reducir los costes mediante la reducción de los tiempos de preparación.
- Dar la importancia clave a la reducción de tiempos, tanto de preparación como de proceso global de la operación productiva, dados sus notorios efectos sobre la productividad, costos, cumplimientos de plazos y niveles de satisfacción.⁵⁸

Ventajas de SMED

Nos dice Gonzales las siguientes ventajas de la herramienta SMED:

- Reducir tiempo de cambio y desperdicios de arranques.
- Los cambios deben ser repetibles y en un alto nivel de desempeño.
- El tiempo operativo en maquina debe ser mayor.
- Mantener el desempeño después del cambio, produciendo: bien desde el inicio.⁵⁹

Situación inicial

Se cree que los procedimientos de preparación son muy complejos y variados, en relación al tipo de industria, maquina, equipo y herramientas. Si analizamos más detalladamente podemos observar que se repite una secuencia de operaciones, la que se muestra en la tabla 2.

⁵⁷ Cfr. Cruelles 2013: 318

⁵⁸ Cfr. Cruelles 2013: 318

⁵⁹ Cfr. Gonzales 2012: 94

Tabla 2: Reparto del tiempo de cambio de maquina

Operación	% Tiempo
Preparaciones, ajustes post-proceso y verificaciones.	30 %
Montar y desmontar útiles.	5 %
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15 %
Producción de piezas de ensayo y ajustes.	50 %

Fuente: Cruelles 2013: 321

Secuencia de operaciones del SMED

- **Preparación, ajuste post-proceso y verificaciones.**
Se asegura de que todos los componentes estén disponibles y en perfecto estado.
- **Montar y desmontar útiles**
Se considera el retiro de piezas y herramientas una vez concluido el lote que se estaba fabricando. Se colocan las piezas y herramientas necesarias para el siguiente lote.
- **Centrar, dimensionar y colocar otras condiciones**
Incluye las medidas y calibraciones para realizar una operación de producción.
- **Producción de piezas de ensayo y ajuste**
Tras realizar las pruebas se procede a los ajustes, estos serán más fáciles cuanto mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones.⁶⁰

Técnicas para implementar el SMED

En la primera etapa:

Lista de comprobaciones, se debe de emplear la lista de comprobación, son efectivas para comprobar que todos los pasos y partes estén disponibles para comenzar a trabajar. Con una lista se podrá hacer las comprobaciones, eliminando los errores. Es importante que se tenga una lista por cada máquina evitando utilizar una única lista para toda la fábrica.

⁶⁰ Cfr. Cruelles 2013: 321

Realización de comprobaciones funcionales, es necesario realizar comprobaciones funcionales para asegurar que todos los medios estén en perfecto estado. Son fallos frecuentes que cierta herramienta no funciona o que una plantilla no tiene la precisión requerida.

Mejora del transporte de útiles y de otras piezas, se deben de trasladar los útiles desde el almacén hasta la máquina y una vez utilizadas deben ser devueltas a su posición inicial.⁶¹

Segunda etapa:

Reevaluar y comprobar que no se ha dado ningún paso erróneo en la fase preliminar.

Pre-reglaje de herramientas

Eliminación de ajuste, las operaciones de ajuste representan el 50-70% del tiempo de preparación interna, por lo tanto, es importante reducir este tiempo.⁶²

Tercera etapa:

Propuesta de mejora de para las operaciones de preparación externa, se puede conseguir mejorando el almacenaje y transporte de piezas y útiles. El almacenaje y transporte pueden mejorarse marcando los útiles con códigos de color y números de ubicación de los estantes donde se encuentran almacenados.⁶³

A partir de la información presentada podemos decir que el SMDE, es una metodología para mejorar el tiempo destinado a las tareas de cambio de máquina para dar el máximo aprovechamiento a la máquina, reducir el tamaño de lotes, reducir los costes y aumentar la flexibilidad en el servicio a los clientes. Su implementación consta de tres etapas; en la primera etapa se elabora una lista de comprobaciones, se realiza las comprobaciones funcionales y se mejora el transporte de materiales; en la segunda etapa se comprueba que no se ha dado ningún paso erróneo en la fase preliminar y se elimina el ajuste; en la tercera etapa se indica las propuestas de mejora para las operaciones.

1.11.2 Análisis de modo y efecto de fallas (FMEA)

⁶¹ Cfr. Cruelles 2013: 325

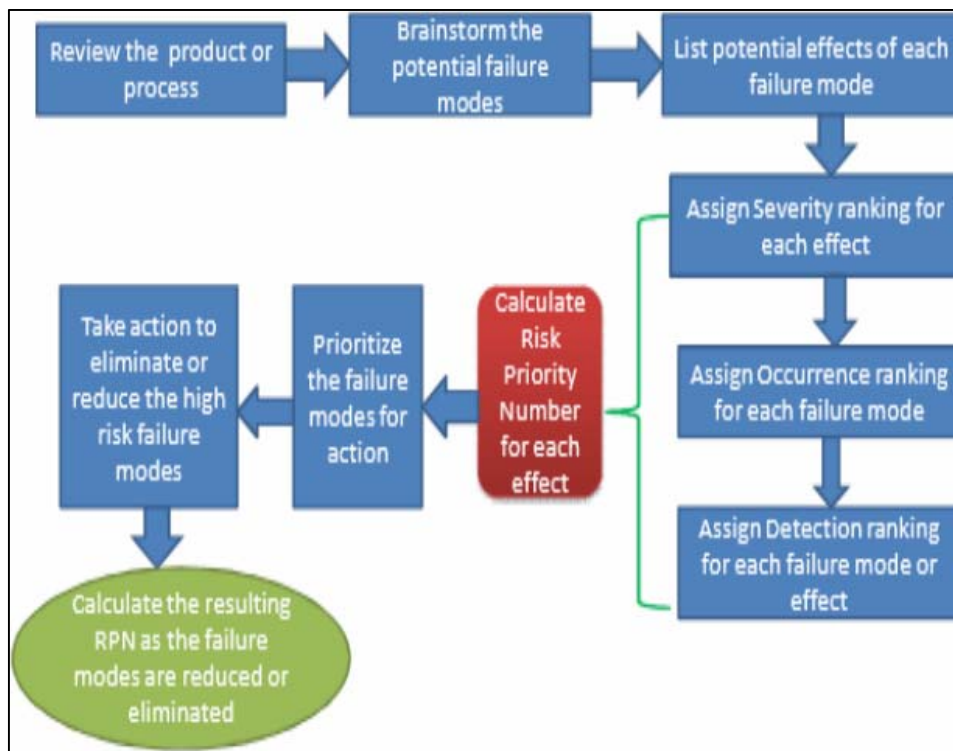
⁶² Cfr. Cruelles 2013: 326

⁶³ Cfr. Cruelles 2013: 327

El método FMEA es una técnica de ingeniería que tiene como objetivo determinar, identificar y eliminar todas las fallas posibles sobre el diseño, proceso, sistema o servicio. El FMEA se distingue de los otros métodos de análisis de riesgo por sus elementos cualitativos y cuantitativos y evalúa los riesgos con tres multiplicadores. Los valores de ocurrencia (O), gravedad (S) y detección (D) se realizan para todos los fallos identificados en los estudios FMEA. El FMEA es un método que prioriza todos los tipos de fallas tomando en consideración el nivel de importancia de las fallas en el sistema en lugar de hacer mejoras para todos ellos juntos. Están disponibles los diferentes tipos de FMEA según dónde y cuándo implementaran, ya sea en un sistema, diseño, proceso o servicio.⁶⁴

La hoja de ruta a seguir en los estudios FMEA se muestra en la figura 12.

Figura 12: Etapas del método FMEA



Fuente: Mehmet 2016: 206

Determinación de la gravedad (S)

Los procesos de evaluación de la gravedad de los fallos se realizarán de acuerdo con las clasificaciones de gravedad que se muestran en la Tabla 3.

⁶⁴ Cfr. Mehmet 2016: 206

Tabla 3: Clasificación de gravedad

Classification	Example	Code
Hazardous without warning	Very High ranking affecting safe operation	10
Hazardous with warning	Regulatory non compliance	9
Very High	Product become inoperable with loss of function, Customer very much dissatisfied	8
High	Product remain operable but loss of performance, customer dissatisfied	7
Moderate	Product remain operable but loss of comfort/convenience	6
Low	Product remain operable but loss of convenience and customer slightly dissatisfied	5
Very low	Non-conformance noticed	4
Minor	Non-conformance by certain-Noticed	3
Very Minor	Non-conformance by certain item- Noticed	2
None	No effect	1

Fuente: Mehmet 2016: 207

Determinación de la ocurrencia (O)

Se debe calcular el nivel de probabilidad de ocurrencia de los fallos que se han encontrado, para ello se utilizará la siguiente tabla.

Tabla 4: Tabla de ocurrencias

Fault probability	Ratios		Code
Very High: Inevitable Failure	in 2 \geq 1	0,5 and more	10
	1 in 3	b/w 0,33-0,5	9
High: Repeated Failures	1 in 8	b/w 0,125-0,33	8
	1 in 20	b/w 0,05-0,125	7
Moderate: Occasional Failures	1 in 80	b/w 0,0125-0,05	6
	1 in 400	b/w 0,0025-0,0125	5
	1 in 2,000	b/w 0,0005-0,0025	4
Low: Few Failures	1 in 15,000	b/w 0,0000667-0,0005	3
	1 in 150,000	b/w 0,00000667-0,0000667	2
Remote: Failure Unlikely	1 in 1,500,000	b/w 0,00000067 - 0,00000667	1

Fuente: Mehmet 2016: 207

Cálculo de la detección (D)

La tabla 5 se utilizará para asignar los valores de detección de los fallos encontrados.

Tabla 5: Tabla de detección

Detection	Criterion	Probability of Reaching Customers (%)	Rank
Extremely unlikely	No design techniques available/control	%82- %100	10
Very very low likelihood	Unproven, Unreliable design/poor chance of detection	%72 - %82	9
Very low likelihood	Design chance of detection	%62 - % 72	8
Low Likelihood	Design controls are likely to miss the problem	%52 - %62	7
Medium likelihood	Design controls may miss the problem	%42 - %52	6
Likelihood	Design controls can miss the problem	%32 - %42	5
Moderately	Design controls are moderately effective	% 22 - %32	4
High Likelihood	Likely to be corrected/high probability of detection	%12 - %22	3
Very High likelihood	Can be corrected prior to design release/very high probability of detection	%2 - %12	2
Extremely Likely	Can be corrected prior to prototype/ Controls will almost certainly detect	%0 - %2	1

Fuente: Mehmet 2016: 207

Cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (RPN)

Para el cálculo del número de prioridad de riesgo de cada fallo se utilizará la siguiente fórmula.

$$\text{Prioridad de Riesgo Número} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$$

$$\mathbf{R\ddot{O}S = S \times O \times D}$$

A partir de la información presentada podemos decir que el FMEA es una técnica de ingeniería que permite determinar, identificar y eliminar todas las fallas posibles sobre el diseño, proceso, sistema o servicio. El FMEA evalúa las fallas identificadas con sus elementos cualitativos y cuantitativos a través de la ocurrencia (O), gravedad (S) y detección (D).

1.12 Casos de Éxito en la Implementación del RCM

1.12.1 Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo

La metodología RCM II fue aplicada a una planta de fundición de lingotes de plomo en la línea de producción de baterías automotriz, cuya tasa de producción es de 600 lingotes por hora.

Problemas dentro de la planta de producción de lingotes de plomo

El problema más significativo que presentaba la planta de producción de lingotes de plomo fue la escasa confiabilidad de los equipos de planta, debido a ello tuvo la necesidad de mejorar su plan de mantenimiento.

La empresa optó por uso de la metodología del RCM II para solucionar el bajo nivel de confiabilidad de los equipos, ya que esta metodología permite mejorar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad, así como controlar el costo de mantenimiento al reducir la cantidad de mantenimiento que se requiere, combinando varias técnicas y herramientas que permiten desarrollar el análisis de riesgo, a partir de las hojas de decisión que se fundamentan en el análisis de riesgos y las tareas de mantenimiento que permitan ser aplicado en las áreas problemáticas.⁶⁵

A continuación, se muestra el proceso de implementación del RCM II.

A. Definición del Equipo de trabajo RCM II

El grupo de RCM II estuvo conformado por la gerencia de producción y el Departamento de mantenimiento, el cual está conformado por 1 ingeniero de confiabilidad, 1 Supervisor de mantenimiento, 1 supervisor de producción, 2 Operadores de planta, 1 Técnico Mecánico y 1 Técnico Electrónico.⁶⁶

B. Selección del Sistema y definición del contexto operacional

El nivel de detalle empleado fue el Nivel sistema, esto se debe a que un AMFE para un nivel de parte de toda una planta resultaría complicado e irrealizable, por otra parte, un AMFE a nivel Planta resultaría superficial o poco eficiente para la gestión de mantenimiento en la organización. En el área de trabajo seleccionada, para la implementación del plan de mantenimiento, se funde plomo crudo y se desarrollan aleaciones a diferentes metales para la obtención de una amplia gama de productos.⁶⁷

⁶⁵ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 201

⁶⁶ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 202

⁶⁷ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 202

C. Establecimiento del Diagrama de proceso

Se verificó el proceso de producción desde la fundición de la materia prima (lingotes de plomo crudo y aleaciones), su respectivo bombeo, transporte y dosificación en cubas de refrigeración.⁶⁸

D. Realización del inventario de equipos

La planta de producción de lingotes de plomo, está conformada principalmente por los dos subsistemas: Crisol de metalurgia, conformada por la bomba Crisol (5 hp), agitador (7.5 hp), crisol de fundición de plomos (32 Ton Max), ventilador de extracción crisol (20 hp) y quemador del crisol (2hp). Lingotera de metalurgia, conformada por la lingotera (7.5 hp), Cubas sobre una cadena de ingeniería (4.5m3), Ventilador de extracción lingotera (10 hp), Bomba de refrigeración (1 hp) y flautas de refrigeración.⁶⁹

E. Definición de las funciones de un activo físico (F)

Se identificaron 32 funciones para la sección de Crisol de metalurgia, respondiendo a la pregunta: ¿Para qué se compró el activo físico?

Como parte de este análisis funcional, fue necesario identificar la función principal y secundaria de la sección o sistema en evaluación.⁷⁰

F. Definición de las Fallas Funcionales (FF)

En este punto se dio respuesta a la pregunta, ¿De qué manera pueden fallar? ¿Puede fallar de una forma total o parcial?, una vez respondidas se establecieron 78 fallas funcionales para la sección de Crisol de Metalurgia y 14 fallas funcionales para la sección de Lingotera de Metalurgia.⁷¹

G. Definición de los Modos de falla (MF)

⁶⁸ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 202

⁶⁹ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 202-203

⁷⁰ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 203

⁷¹ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 204

Para el desarrollo de esta parte de la implementación se respondió la siguiente pregunta ¿Qué origina la falla? Una vez respondidas se establecieron 149 Modos de falla para la sección de Crisol de Metalurgia y 72 Modos de falla para la sección de Lingotera de Metalurgia.⁷²

H. Definición de los Efectos de la Falla (EF)

Una vez establecidos los posibles modos de falla que pueden causar la pérdida de la función, el siguiente paso fue identificar cuáles son los efectos que generan estos modos de fallas en la operación de la máquina. Para tal fin se respondieron las siguientes preguntas: ¿Qué pasa cuando falla? ¿Qué ocurre en la Máquina/Activo físico o componente de ella? ¿Cómo se nos manifiesta la falla?, ¿El modo de falla se hace evidente o no al operador? ¿El modo falla amenaza la seguridad o al medio ambiente, la manera (si las hubiere) en que afecta la producción, las operaciones y los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla? Se identificaron 149 Efectos de falla para la sección de Crisol de Metalurgia y 72 Efectos de falla para la sección de Lingotera de Metalurgia.⁷³

I. Jerarquización del Riesgo

Se desarrolló una tabla en dónde se categorizó las frecuencias de acuerdo a unos rangos de aparición mensual. Luego, se elaboró una tabla para la categorización de las consecuencias de los modos de. Posteriormente, se realizó el producto de la frecuencia por la consecuencia con la finalidad de elaborar una matriz de riesgo e identificar las zonas o niveles de criticidad. Finalmente, la criticidad se agrupó en unos intervalos que dan origen a una clasificación del más crítico al menos crítico respectivamente.⁷⁴

J. Determinación de las Tareas Proactivas

Con ayuda del Diagrama RCM II y concepto de Costo efectividad de una tarea de mantenimiento se evaluaron cada una las consecuencias de una falla funcional para ambas secciones, determinando así, las Consecuencias de un fallo oculto (H), Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente (S), Consecuencias operacionales (O), y por último se analiza las consecuencias No operacionales (N). De esta forma, se plantearon 61 tareas para

⁷² Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 205

⁷³ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 206

⁷⁴ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 206

la sección del Crisol de Metalurgia y 39 tareas propuestas para sección Lingotera de Metalurgia.⁷⁵

K. Determinación de Posibles Tareas de Rediseño

El RCM recomienda de acuerdo a las funciones descritas y basado en el estudio de las fallas existentes un rediseño en la configuración y soporte de los equipos Bomba y Agitador con respecto al Crisol de Metalurgia.⁷⁶

Resultados de la implementación del RCM II

- Se logró establecer un programa de mantenimiento constituido por tareas proactivas (Predictivas, Preventivas, tareas de chequeo) propuestas para cada uno de los modos de falla definidos, una identificación de los componentes por equipo más detallada, unas consideraciones para la seguridad y operación de la máquina que no estaban previstas anteriormente, mayor vida útil de los activos físicos costosos, y un rediseño en un activo físico (Agitador y Bomba crisol).⁷⁷
- Se logró la participación activa del equipo de trabajo, los cuales aprendieron mucho más de cómo funciona el activo físico, forma correcta de operarlos, la mejor manera de disminuir los accidentes o fallas, cada miembro del grupo intervino en la formulación de los objetivos, en decidir que se debe hacer y quién lo debe hacer, esto conlleva a un mayor sentido de pertenencia.⁷⁸
- La implementación del RCM II en la sección de Metalurgia logró incrementar la confiabilidad de la sección mediante el análisis del Tiempo medio entre fallas (MTBF).⁷⁹
- El costo es otro factor importante dentro de la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad; y es que las tareas propuestas fueron planteadas bajo el análisis

⁷⁵ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 207

⁷⁶ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 207

⁷⁷ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 207

⁷⁸ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 207

⁷⁹ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 207

costo beneficio, en otras palabras, la selección de las tareas de mantenimiento se planteó de acuerdo a la morfología (desde su estado de gestación hasta su estado de falla funcional) o patrones de fallas.⁸⁰

1.12.2 Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado

En esta parte se describe la aplicación de una gestión de mantenimiento basada en el RCM la cual ha sido adaptada a empresas que cuentan con limitaciones de recursos. Esta versión adaptada del RCM ha sido probada en tres unidades de negocio. La primera es una planta industrial de la Corporación MON DRAGON, donde se fabrican componentes de plástico para los sectores de automoción y de electrodomésticos. La segunda compañía fue Inquitex S.A., que a posteriori de su liquidación fue transformada en la actual Eko-REC S.L. Una empresa donde se fabrican productos de poliéster y PET mediante procesos continuos. En tercer lugar, se encuentra Goizper S. Coop. Goizper, esta compañía trabaja en tres negocios diversificados: Industrial, Pulverización y Biotecnología.⁸¹

Problemas en la planta industrial de la Corporación MON DRAGON

Como consecuencia del incremento en la automatización de sistemas de producción y debido también a unos estándares de servicio al cliente cada vez más severos, la disponibilidad de los equipos en la fase de operación llegó a ser uno de los parámetros más importantes que tenía que ser mejorado.

La metodología seleccionada para la solución del problema fue el RCM, ya que la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad en una planta aumenta la disponibilidad de los equipos, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción, es por ello de su implementación.⁸²

El proyecto consta de las siguientes fases:

⁸⁰ Cfr. Barros, Valencia y Vargas 2014: 207

⁸¹ Cfr. Gorka y otros 2014: 347

⁸² Cfr. Gorka y otros 2014: 349

a. Control de la documentación

En primer lugar, es necesario priorizar qué equipamiento va a ser estudiado, esto se puede definir con las iniciativas de priorización tales como la matriz de selección ponderada.

En segundo lugar, el ingeniero tiene que recopilar toda la información, (catálogos, manuales, instrucciones, folletos, etc.), de los equipos a mantener previamente priorizados. La documentación relacionada sobre todo con el mantenimiento tiende a ser crucial cuando ocurren averías correctivas complejas. Por esa razón, se recopila toda la documentación, referente a los equipos a mantener.⁸³

b. Análisis de los modos de fallo y sus causas

Toda la información recogida, está destinada a responder a las tres primeras preguntas de los siete pasos del RCM (1 - las funciones y normas de comportamiento asociadas, 2 - los modos de fallo y 3 - las causas); para ello será necesario combinar el trabajo realizado por los diseñadores con las experiencias de los técnicos. Después, teniendo en cuenta estos hechos, desarrollan modificaciones en el diseño o planean actividades orientadas a reducir o evitar esos fallos. Como consecuencia, los manuales de instrucciones de mantenimiento traen consigo numerosas acciones de MP: gracias a esas acciones recogidas en los manuales de mantenimiento, se evitan los diferentes modos de fallo y sus causas, y el equipo del proyecto no tiene que malgastar tiempo ni recursos en tareas realizadas previamente.⁸⁴

c. Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo

En esta segunda fase, son afrontados los pasos del cuarto al séptimo del análisis del RCM (4- Análisis de las consecuencias, 5- Selección de eventos de mayor impacto, 6- Acciones preventivas o predictivas para evitar la generación de un evento, y 7- Acciones alterativas). Adicionalmente, se lleva a cabo una revisión de los modos de fallo del equipo, incluyendo el conocimiento implícito y las experiencias del personal. En la mayoría de los casos los MP incluidas en los manuales están sobredimensionados. Teniendo en cuenta este hecho, se

⁸³ Cfr. Gorka y otros 2014: 349

⁸⁴ Cfr. Gorka y otros 2014: 349

definen y analizan las consecuencias, su impacto y las acciones que deben tomarse, y se adaptan a cada caso específico. Por consecuencia, los técnicos deberán ajustar la periodicidad de los MP, modificando o incluso eliminando algunas actividades. Gracias a estas iniciativas se establece un plan inicial de MP, que deberá ser actualizado periódicamente.⁸⁵

También, es esencial definir el nivel de definición adecuado de cada tarea a realizar para lo cual se debe tener en cuenta la complejidad de la tarea y la experiencia del ejecutor, y con el fin de describir las normas que deben realizarse, se han establecido los tres niveles de detalle para diseñar una norma de MP.

Niveles de detalle:

1. Para la ejecución de las tareas que no necesiten ningún detalle para llevarse a cabo, será suficiente la línea incluida en el plan global de MP.
2. Para las operaciones que requieran una breve descripción, serán incluidos instructivos que describan la operación, y éstas se facilitarán a la persona que vaya a ejecutar la tarea.
3. Para las acciones que requieran un procedimiento detallado, será documentado un procedimiento de operación, e incluido en la documentación de MP para el técnico. Gracias a la descripción incluida, todos los operarios son capaces de completar las actividades de MP que deban realizar, así la dirección sólo debe establecer un sistema de control para analizar si se ejecutan las acciones.⁸⁶

d. Desarrollo del sistema de gestión del mantenimiento

El RCM no sólo es útil para definir un plan de mantenimiento preventivo inicial, sino también es adecuado para mejorarlo. Por ello, se considera necesario establecer un proceso para implementar un sistema de retroalimentación. Evidentemente, una herramienta GMAO puede ser una mejor herramienta que este sistema, principalmente manual, para llevar una gestión eficiente de las actividades realizadas. Se considera más adecuado determinar inicialmente cómo funcionará la gestión de la fiabilidad y la mantenibilidad en la operación, y después escoger y adaptar el GMAO a lo que se quiera obtener. La investigación divide

⁸⁵ Cfr. Gorka y otros 2014: 349-350

⁸⁶ Cfr. Gorka y otros 2014: 349-350

este proceso en tres pasos: inicialmente se diseña el panel de mando. En segundo lugar, la información a recabar debe ser plasmada en una OT de mantenimiento, la cual deberá ser implementada en la planta, siendo continuamente actualizada y adaptada.⁸⁷

e. Panel del mando operativo a obtener

El mantenimiento tiene que ser gestionado como una unidad de negocio y, por tanto, basada en indicadores. Esto significa que el panel de mando de mantenimiento debe incluir las cuatro perspectivas (Financiera, Cliente, Aprendizaje y crecimiento, y Procesos internos). La implementación de este panel de mando sirve para establecer prioridades a la hora de asignar recursos con el objetivo de mejorar los valores de los indicadores del panel de mando, además de consolidar la revisión y mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo, y establecer necesidades de mejora en las instalaciones para disminuir la mantenibilidad de las mismas.⁸⁸

a. Diseño, implementación y consolidación de la orden de trabajo

Los directores de planta deben diseñar y gestionar un panel de mando de mantenimiento. Con este fin, los técnicos de mantenimiento tienen que complementar los campos creados para recopilar todos los datos relativos a la intervención, para convertir esos datos en información. Estos datos deben ser recogidos en una OT. Por lo tanto, todas las acciones de mantenimiento correctivo tienen que tener su respectiva orden de trabajo. Todas estas órdenes deberán ser completadas por los técnicos de mantenimiento. Cabe señalar que la orden de mantenimiento de Goizper fue actualizada 15 veces durante los primeros 6 meses de la implantación de la sistemática.⁸⁹

b. Implantación de un GMAO

Una vez definido qué información se necesita para gestionar el mantenimiento adecuadamente, es factible considerar la posibilidad de implementar un GMAO. En este caso, es altamente recomendable diseñar una lista de control donde estén

⁸⁷ Cfr. Gorka y otros 2014: 350-351

⁸⁸ Cfr. Gorka y otros 2014: 351-352

⁸⁹ Cfr. Gorka y otros 2014: 352-353

incluidas todas las especificaciones que se implementarán en el GMAO. Como base, es posible obtener una lista de control estándar para la elección de un GMAO. Las necesidades propias de cada caso fueron enviada a los proveedores: estos proveedores responden si su GMAO cumple los requisitos exigidos, e informan sobre la facilidad con la que responden a cada especificación. Así, como clientes potenciales, los directores de planta pueden analizar la aptitud de cada GMAO para cumplir los requisitos que deben satisfacer los productos informáticos.⁹⁰

Resultados de la implementación de RCM

Es necesario decir que no existen datos sobre la gestión del mantenimiento anteriores a los proyectos presentados en este artículo, por lo que no es posible realizar la comparación cuantitativa del antes y el después de dichos proyectos. Sin embargo, vale la pena señalar que las empresas mencionadas han creado un sistema de retroalimentación continua que permite mejorar la calidad de las decisiones que toman, ya que tienen más y mejor información sobre los procesos que tienen que gestionar. Así, las compañías pueden analizar el tiempo necesario para restablecer el funcionamiento de las instalaciones, tiempo incurrido en la ejecución de las distintas actividades relacionadas con el mantenimiento para su posterior análisis y mejora de los procesos y las tareas de mantenimiento.⁹¹

1.12.3 Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM previa existencia de mantenimiento preventivo

Este caso presenta el resultado de la aplicación de una metodología, mediante la cual, a una empresa de transporte de encomiendas, con un programa de Mantenimiento Preventivo madurado, se le aplicó un programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, con lo cual se modificó su Programa de Mantenimiento Preventivo, simplificándolo, y haciéndole aportes de Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Autónomo.⁹²

Problemas en la empresa de transporte de encomiendas

⁹⁰ Cfr. Gorka y otros 2014: 353

⁹¹ Cfr. Gorka y otros 2014: 354

⁹² Cfr. Montilla y otros 2010: 273

El principal problema de la empresa eran la baja disponibilidad y confiabilidad de las unidades de transporte, debido a ello se tenía modificar el plan de mantenimiento existente ya que no cumplía con los objetivos.

La aplicación de la metodología del RCM pretende determinar la criticidad de un equipo dentro del proceso productivo, mediante el cálculo del NPR, entendiendo que ese cálculo implica conocer muy bien el funcionamiento y la dinámica de la Planta (sistema) y de los diferentes equipos (subsistemas). A partir del cálculo de los NPR, se pasa a un proceso de toma de decisiones en cuánto a las acciones a tomar, las cuales pueden ir desde “Aceptar el riesgo de falla” hasta “Rediseñar el sistema o componente”, pasando por actividades de Mantenimiento Preventivo/Predictivo, dependiendo de los valores del NPR.⁹³

Para implementar el sistema de mantenimiento RCM se siguió la metodología simplificada descrita a continuación:

a. Preguntas acerca del equipo y su dinámica

1. ¿Cuáles son las funciones y los modelos ideales de rendimiento del recurso en el actual contexto operativo (Funciones)?
2. ¿En qué formas no puede cumplir sus funciones el equipo o sistema (fallas funcionales)?
3. ¿En qué condiciones el equipamiento fallará? Se trata de describir los modos de falla potenciales.
4. ¿Qué ocasiona cada falla funcional (Modos de falla)?
5. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla funcional (efectos de la falla)?⁹⁴

Con esto se describe el efecto potencial de la falla, y surgen otras preguntas: ¿ocurrirá parada de la producción? ¿Ocurre reducción de la producción? ¿La calidad del producto es afectada? ¿Cuáles serán los daños provocados?

6. ¿Cuál es la Frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la falla?
7. ¿Cuál es la Gravedad o Severidad de la falla?

⁹³ Cfr. Montilla y otros 2010: 273

⁹⁴ Cfr. Montilla y otros 2010: 274

8. Una vez respondidas las preguntas anteriores, se debe calcular el NPR y estimar su “peso relativo”

Por medio de este análisis es posible pasar entonces a la toma de dediciones y definir el tipo de mantenimiento o acción a adoptar con respecto a los sistemas, subsistemas, componentes del vehículo y situaciones que se puedan presentar.⁹⁵

b. Toma de decisiones a partir del cálculo del NPR

Una vez calculados los NPR, se deben desarrollar planes de acción para eliminar o corregir el problema potencial, básicamente se responden preguntas del estilo ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla? (tareas proactivas e intervalos de labores); en este punto son de mucha ayuda los análisis causa-raíz o espina de pescado, además deben tenerse en cuenta alternativas (acciones por defecto o remediales) si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada o no es económicamente factible.⁹⁶

El RCM hace propone las siguientes alternativas:

Aceptación del riesgo de la falla

Cuando no resulta viable por razones de prioridad, costos y variabilidad de las frecuencias de falla, aplicar tareas de Mantenimiento preventivo, se asume el riesgo de la falla y se estudia la posibilidad de realizar un monitoreo constante del sistema, subsistema o componente.⁹⁷

Instalación de unidad redundante

Consiste en proveer al sistema de un equipo alternativo, el cual se ponga en marcha en caso de falla de alguno de los componentes y realice un reemplazo temporal.⁹⁸

Tareas de mantenimiento preventivo

Corresponden al conjunto de tareas de revisión, inspección, ajuste, lubricación desarrolladas a unas ciertas frecuencias (recomendadas por fabricantes o fruto de la experiencia y

⁹⁵ Cfr. Montilla y otros 2010: 274

⁹⁶ Cfr. Montilla y otros 2010: 275

⁹⁷ Cfr. Montilla y otros 2010: 275

⁹⁸ Cfr. Montilla y otros 2010: 275

seguimiento del personal a cargo del mantenimiento), sumado a las posteriores tareas de mantenimiento correctivo.⁹⁹

Tareas de mantenimiento Predictivo

Es común en el mantenimiento industrial hacerse de métodos de predicción de fallas, como los análisis de vibraciones y cámaras termográficas.¹⁰⁰

Rediseño del sistema

Por lo general es aplicable en mantenimiento industrial, específicamente en el movimiento de fluidos, este tipo de propuesta, hace modificaciones de forma y funcionamiento en el sistema, las cuales son meritorias a través de los análisis de costos.¹⁰¹

c. Implementación de RCM en una empresa transportadora

A partir de las estadísticas de falla de los últimos tres años, de la empresa transportadora, se determinó que los equipos a tomar como objeto de estudio serían las tractomulas, debido por un lado a su alta participación en la distribución de la flota, por otro lado, a que cubren rutas nacionales y recorren en promedio 10000km/mes y, por último, debido al régimen de trabajo presentaban un elevado número de fallas¹⁰²

1. Resolución preguntas numeral a, aplicadas a las tractomulas

Función principal del vehículo de carga: Transportar mercancía, a un destino deseado, en un tiempo deseado.

Funciones secundarias del vehículo de carga:

- Obtener de éste una ganancia operacional
- Garantizar unos gastos mínimos de operación y mantenimiento
- Garantizar la seguridad del operario del vehículo y sus asistentes
- Emitir la menor cantidad posible de contaminantes
- Proporcionar seguridad e integridad a la mercancía transportada

Identificación de fallas funcionales, fallas potenciales y modos de falla

⁹⁹ Cfr. Montilla y otros 2010: 275

¹⁰⁰ Cfr. Montilla y otros 2010: 275

¹⁰¹ Cfr. Montilla y otros 2010: 276

¹⁰² Cfr. Montilla y otros 2010: 276

Cálculo del NPR y estimación de su peso ¹⁰³

2. Toma de decisiones a partir del cálculo del NPR

Las decisiones y acciones tomadas corresponden con la adaptación de las alternativas propuestas en el numeral b, pero adaptadas al caso de equipos móviles.

Aceptación del riesgo de la falla: Se aplicó conservando la misma filosofía original.

Instalación de unidad redundante: No aplica en flotas de transporte de carga, debido a que los componentes principales de los vehículos son unitarios.

Tareas de mantenimiento preventivo: Las revisiones antes de la salida de cada equipo a viaje y durante periodos determinados por el kilometraje.

Tareas de mantenimiento Predictivo: En el mantenimiento automotriz, las herramientas más poderosas son las alarmas dispuestas en el tablero de control del vehículo que permiten un monitoreo constante del equipo. ¹⁰⁴

Rediseño del sistema: En el mantenimiento vehicular, es posible aplicar esta propuesta haciéndole llegar a los proveedores y fabricantes de vehículos, las apreciaciones que uno tiene de sus productos y de igual forma, cuando se tiene la opción de escoger las marcas de los componentes del vehículo como el motor, la caja, los filtros, etc.; se puede diseñar una configuración óptima, con componentes durables, mayores periodos de mantenimiento preventivo y mejor desempeño. ¹⁰⁵

Resultados de la implementación de RCM

- Se ha podido constatar lo que se indica en la teoría, en el sentido de que la reducción de CTM con la aplicación de RCM es significativa, lo que a la compañía transportadora de encomienda le ha permitido con el mismo personal operativo atender un mayor número de equipos.
- Con la implementación del RCM se logró incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos a un 5 %, lo que demuestra que se hizo un adecuado análisis de las fallas, con lo cual se modificó el plan de mantenimiento existente.

¹⁰³ Cfr. Montilla y otros 2010: 276

¹⁰⁴ Cfr. Montilla y otros 2010: 277

¹⁰⁵ Cfr. Montilla y otros 2010: 277

- Durante el desarrollo de la implementación de RCM, se evidenció la dificultad de realizar cambios dentro de los procesos, debido a la inevitable ruptura de paradigmas (resistencia al cambio).
- El desarrollo del trabajo de implementación permitió a los directivos y personal operativo de mantenimiento, repensar tanto el objeto de su trabajo como su quehacer cotidiano, a mediano y a largo plazo.

CAPÍTULO 2: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Después de haber culminado con el desarrollo del marco teórico, se realizará un diagnóstico de la situación actual de la empresa Panasa. Para ello, se hace una descripción general de la empresa, donde se muestra su mapa de procesos y el proceso en estudio. Luego se describe los principales problemas que actualmente afectan a la compañía, para posteriormente, mediante el uso de las herramientas de calidad identificar las principales causas del problema.

2.1 Descripción de la Empresa

Papelera Nacional S.A. es una empresa papelera industrial – comercial creada el 15 de abril de 1969 en Lima – Perú con capitales peruanos.

Es la empresa líder en la industria papelera del Perú y una de las principales protagonistas del sector a nivel Latinoamericano, gracias a que adquirió su propio molino de papel en Paramonga, la cual cuenta con maquinaria y tecnología de punta. Así como, personal altamente calificado con amplia experiencia en el rubro de papelería, cartones, cuadernos, sketch book y libretas.

Una de sus mayores líneas de fabricación es el papel para escritura o también llamado cuaderno con más de 28,288 ton de capacidad anual en todas sus líneas de producción.

Además, la empresa cuenta con su propia área de impresión y barnizado, esto hace de los productos únicos en diseño y forma, logrando así la exclusividad de sus productos.

Recientemente se ha incorporado una nueva línea de papel fotocopia con buen acabado y alta calidad.

“Inicialmente la empresa se dedicó a la importación de útiles y papelería, líneas que se complementaron con compras locales de otros productos. Estos papeles y cartones importados se convertían en su local original de la ciudad de Lima y luego se distribuían masivamente en todo el Perú.

A partir de 1992, la empresa adquirió otras empresas. Una de estas adquisiciones fue concretada en 1997 cuando se compra el complejo Químico Papelero de Paramonga (molino de papel) en la ciudad del mismo nombre, a 200 kilómetros al norte de Lima, con lo que Panasa logra su autosuficiencia en el abastecimiento de varias materias

primas muy importantes para sus procesos de valor agregado”.
(<http://www.panasa.com.pe/perfil.html>) (Consultado el 03/01/17)

De acuerdo con lo anterior, Papelera Nacional S.A inició sus operaciones con la elaboración de útiles de oficina, con el tiempo fue adquiriendo diversas empresas entre las cuales figura la molinera Paramonga, la empresa Jústus, la empresa Loro y últimamente adquirió la empresa minerva con esto afianza el mercado nacional y aprovecha el mercado ganado por cada una de las empresas adquiridas. Gracias a esto Papelera Nacional se consolida con las mejores Marcas en el mercado Nacional.

2.1.1 Ubicación y distribución

La planta de producción de Papelera Nacional S.A esta ubicada en Jr. Víctor Andrés Belaunde # 783, Parque Industrial Callao (Altura cuadra 57 de Av. Argentina), distrito de Carmen de la Legua Reynoso, Provincia Constitucional del Callao y Región Callao. Las coordenadas de ubicación y localización son las siguientes: Este 272624 y Norte 8667840.

Figura 13: Plano de ubicación



Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/place/Papelera+Nacional>

Las instalaciones cuentan con un área de 20959,22 m². A continuación se detalla la distribución de las áreas:

INSTALACIÓN	ÁREA (m²)
Almacén bobinas	98144
Almacén insumos	62434
Planta absorbente	55787
Planta convertidora	86989
Área formatos	22384
Área sobres manilla	40850
Área de millares	100047
Plata imprenta	66513
Área plastificado/laminado	20515
Cuarto de insolado	2675
Planta de cuadernos	359516
Almacén de cuadernos	140327
Almacén millares	176723
Almacén racks	107029
Patio de maniobras puerta N°1	94942
Patio de despacho	139196
Área de carga y descarga	165729
Taller mecánico y eléctrico	17613
Taller de mantenimiento	19449
Oficinas	27014
Garita de vigilancia	563
Cocina - comedor	7641
Área de residuos	85032
Área de pacas	17665
Otros	181145

2.1.2 Misión

Desarrollar y ofrecer productos de primer nivel y altos estándares de calidad para el consumo de nuestros clientes, todo ello con el compromiso de cuidar el medio ambiente y un buen clima laboral.

2.1.3 Visión

Ser la mejor empresa líder en la fabricación de papel y cuadernos a nivel de américa latina.

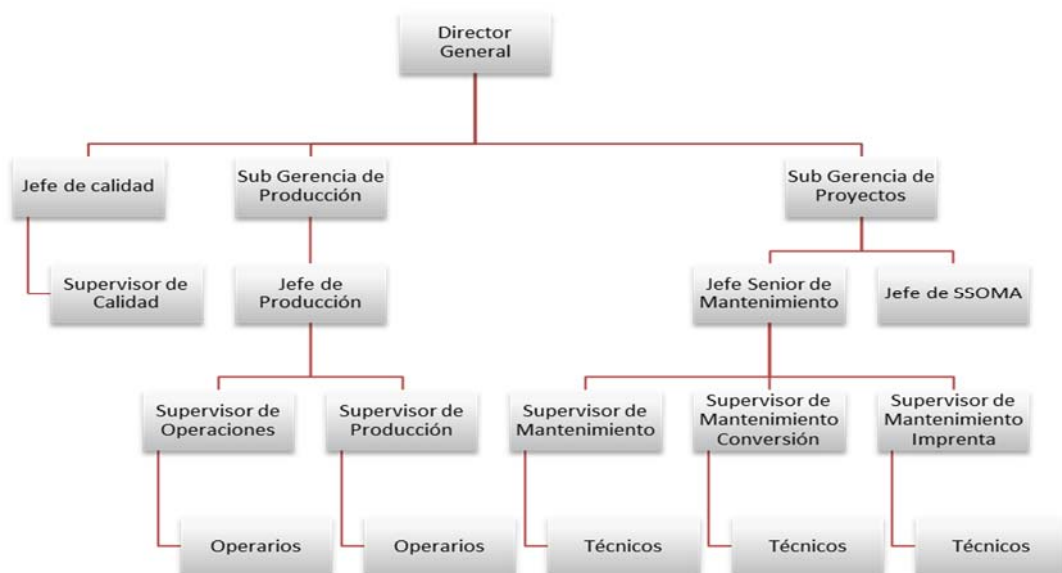
2.1.4 Valores

- Respeto: mantener un ambiente de armonía y educación a todo nivel, saber escuchar opiniones y que sus opiniones sean escuchadas y valoradas.
- Honestidad: es uno de los principales valores de una persona y más aún cuando trabaja en un ambiente laboral, esto quiere decir transparencia en sus acciones y confianza entre sus compañeros y la organización.
- Compromiso: la organización tiene el compromiso de sus trabajadores para cumplir con los estándares de calidad y efectividad, esto conlleva al logro de objetivos.
- Seguridad: la organización está comprometida con la seguridad de sus trabajadores para minimizar riesgos y garantizar un ambiente de trabajo sano e idóneo.

2.1.5 Organización de la empresa

La estructura orgánica de la empresa Papelera Nacional S.A está constituido por un director General, quien se encarga de dirigir la gestión de la organización, por debajo del director general se encuentran el sub gerente de producción y el subgerente de Proyectos, estos a su vez lideran equipos de operaciones y mantenimiento como se muestra en la figura 14.

Figura 14: Organigrama de Panasa

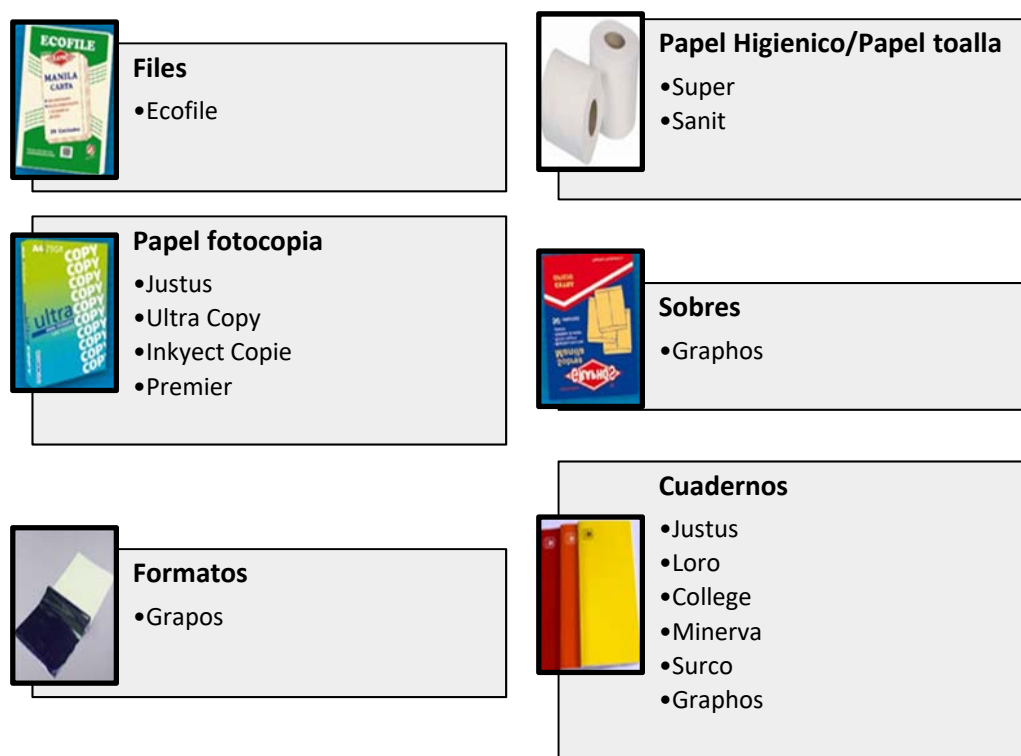


Fuente: La empresa

2.1.6 Productos

Los productos más representativos de la empresa Papelera Nacional S.A son: files, papel higiénico, papel fotocopia, sobres, formatos y cuadernos como se muestra en la figura 15.

Figura 15: Productos elaborados por Panasa



Fuente: La empresa

2.1.7 Clientes

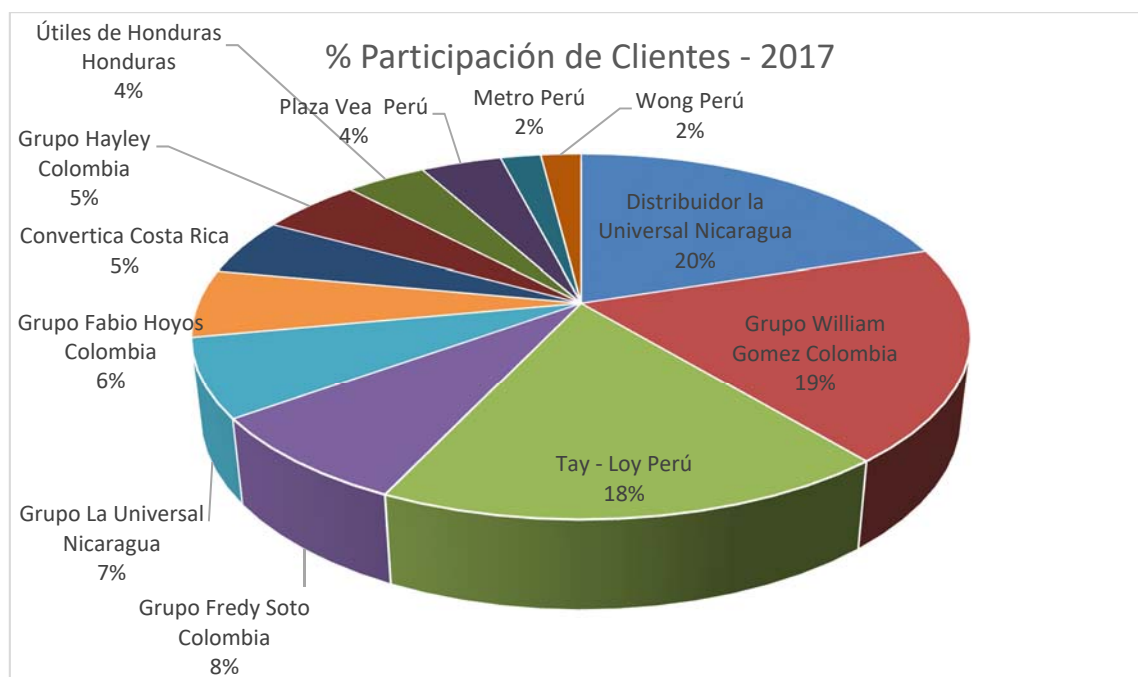
Los clientes de Panasa están divididos en clientes locales e internacionales, siendo éstos últimos los que abarcan la mayor parte de la producción total, con un 74%.

Clientes	País	% Participación
Distribuidor la Universal	Nicaragua	20%
Grupo William Gomez	Colombia	19%
Tay - Loy	Perú	18%
Grupo Fredy Soto	Colombia	8%
Grupo La Universal	Nicaragua	7%

Grupo Fabio Hoyos	Colombia	6%
Convertica	Costa Rica	5%
Grupo Hayley	Colombia	5%
Útiles de Honduras	Honduras	4%
Plaza Veá	Perú	4%
Metro	Perú	2%
Wong	Perú	2%
Total		100%

En la figura 16 se muestra el registro del porcentaje de participación de los clientes locales e internacionales durante el periodo 2017.

Figura 16: Porcentaje de participación de los clientes



Fuente: La empresa

De acuerdo a la figura anterior Distribuidora la Universal de Nicaragua es el que consumió la mayor parte de la producción, 20%, durante el año 2017.

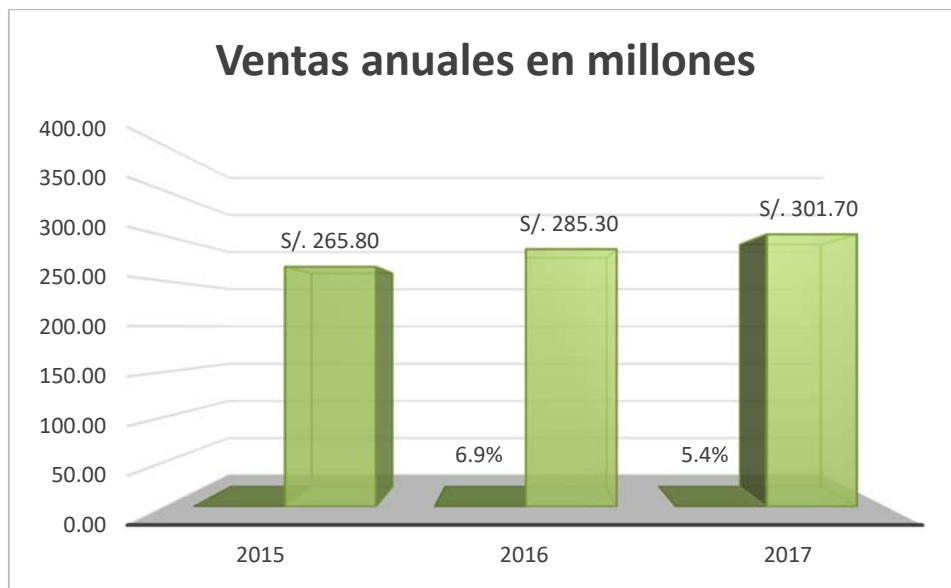
2.1.8 Ventas

Como resultado de sus ventas, la compañía obtuvo un ingreso de S/. 301.7 millones en el año 2017, S/. 285.3 millones en el periodo 2016 y S/. 265.8 millones en el año 2015, el

aumento del ingreso se debió principalmente al incremento en el volumen de ventas de los productos.

En la figura 17 se muestra el registro de las ventas y su variación en los últimos tres años.

Figura 17: Ventas anuales - Panasa



Fuente: La empresa

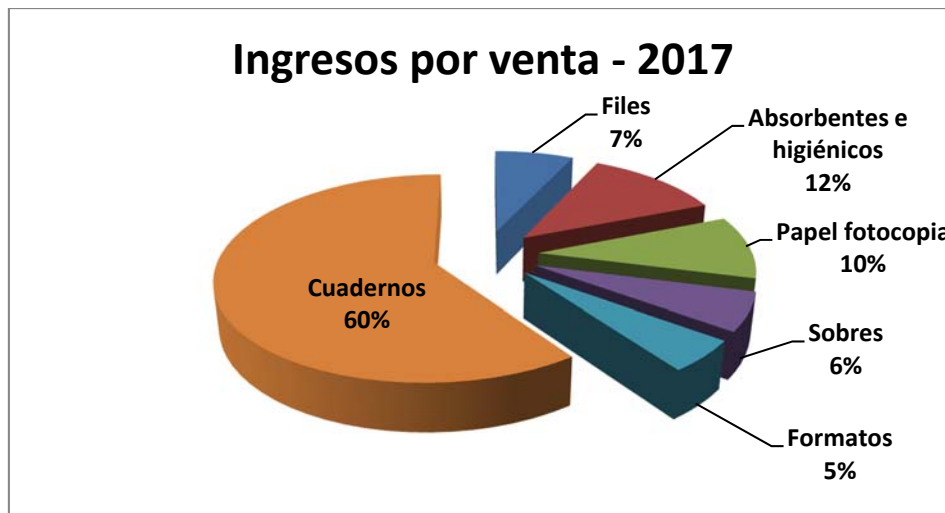
Como se puede observar en la figura anterior, las ventas en el periodo 2016 se incrementaron en un 6.9% respecto al periodo 2015, dicho incremento se contrajo a un 5.4% en el 2017.

2.1.8.1 Selección del producto del producto principal

Debido a que la empresa comercializa diferentes productos, fue necesario elegir el producto de mayor venta, con el fin de determinar los problemas y las oportunidades de mejora.

Con los datos obtenidos de la compañía se logrará cuantificar el porcentaje de ingresos por venta de los diversos productos durante el periodo 2017, esto con el fin de identificar al producto principal.

Figura 18: Porcentaje de ingresos por venta de productos



Fuente: La empresa

Acorde a lo presentado en el 2017 la compañía ha vendido sus productos en la siguiente proporción: cuadernos 60%, absorbentes e higiénicos 12%, papel fotocopia 10%, files 7%, sobres 6% y formatos 5%. Identificándose al producto “cuaderno” como el más importante. Para el desarrollo de la tesis se ha elegido el proceso de elaboración de cuadernos, ya que este es el producto principal que genera mayor ingreso y cantidad de pedidos a la empresa papelería objeto de nuestro estudio.

2.1.9 Competidores

La compañía comercializa papeles planos y absorbentes en el mercado nacional, dichos productos también son comercializados por otras empresas locales, entre ellos tenemos a los siguientes:

- **Trupal S.A.**

Empresa papelería dedicada a la fabricación de papeles y cartones, tiene una importante participación en el mercado nacional, con la fabricación de papel-cartón, abasteciendo a las convertidoras de cajas tanto del Grupo Gloria como de terceros y destinando el 50% de su producción al mercado de exportación, principalmente con el producto papel onda para corrugar (MSFE).

- **Papelería del Sur S.A.**

Papelera del Sur S.A. es el grupo dedicado a la fabricación de Papel, Cartones, cartulinas esmaltadas con soluciones integrales e innovadoras en productos de cartón corrugado.

- **Industrias del Papel**

Empresa dedicada a la fabricación de papeles y cartones de diferentes medidas y gramajes con presentación en bobinas o cintas. La materia prima es material 100% reciclado.

- **Cartones Villa María S.A.**

Conocida comúnmente como CARVIMSA es una empresa peruana, parte del Grupo COMECA de Costa Rica. Las principales actividades de la compañía incluyen la fabricación de papel y cartón ondulado y también envases de papel y cartón.

- **Protisa Perú**

La empresa forma parte del grupo económico CMPC el cual es un conglomerado de empresas que se dedican al rubro papelerero. Su principal negocio es la producción y comercialización de productos de papel para embalajes, papel para diario, para escritura y tissue.

- **Kimberly-Clark S.R.L.**

Kimberly-Clark es una de las empresas líderes en fabricación de productos de higiene. Está presente en los hogares peruanos con marcas como: Suave, Scott, Kotex, Huggies, Plenitud, Poise, Kleenex y Wypall.

- **Papelera Reyes S.A.C.**

La empresa tiene como principal giro de negocio la elaboración de papel higiénico, servilletas y afines, siendo su principal marca “Paracas”.

- **Papelera Panamericana S.A.**

Papelera Panamericana se dedica a la transformación de papel, además de su comercialización y distribución a nivel nacional de papel higiénico, servilletas y papel toalla. Papelera Panamericana ocupó en 1993, el quinto lugar entre los fabricantes de papel higiénico.

- **Continental S.A.C.**

Empresa fabricante, comercializadora al por mayor y menor y distribuidora de cuadernos y otros derivados de papel, así como de útiles y artículos de escritorio en general. Tiene la marca Continental, Utilex, Standford, Conti, Milano, Office, Atlas y las low cost.

- **Papelera de los Andes S.A**

Empresa dedicada a la fabricación de cuadernos, blocks, libretas y otros derivados del papel. Los estilos que maneja para sus productos son: Office, Street, Trendy, Natural y Folk.

- **Tai Heng S.A.**

Tai Heng es una empresa dedicada a la fabricación de cuadernos Alpha y a la comercializadora de útiles escolares, oficina, suministros de cómputo y papelería del rubro gráfico.

2.1.10 Proveedores de insumos y materias primas

Panasa tiene diversos proveedores de insumos y materiales necesarios para la elaboración de sus productos, sus principales proveedores son:

- Fábrica de Papel Paramonga que pertenece al Grupo PANASA, nos provee el papel nacional.
- Chambril de Brasil, el cual nos importa el papel de manera directa a nuestros almacenes.
- VELCAR Peru S.A.C. Nos provee de tinta soluble al agua.
- DRAHTWERK FRIED LOTTERS GMBH, es el proveedor que nos suministra el alambre trefilado para grapas.
- GARIBALDI PERU SAC, suministra el suncho plástico de 9mm para el empastado.
- CARTONES DEL PACIFICO S.A nos abastece las cajas para los cuadernos.
- CIMAGRAF, nos provee las láminas de carátulas y stickers.

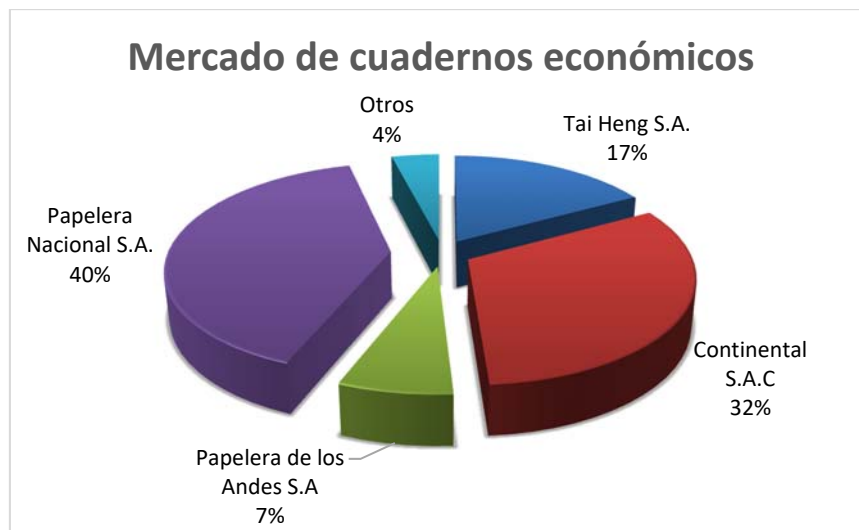
2.1.11 Participación % del mercado

Según los datos obtenidos de la empresa del año 2017, el mercado nacional de los cuadernos está controlado principalmente por cuatro empresas, las cuales comercializan dos tipos de

cuadernos, premium y económico. Papelera Nacional ocupa el primer lugar en el mercado de los cuadernos económicos con una participación del 40%, en segundo lugar, se encuentra Continental con un 32%, en el tercer lugar se encuentra Tai Heng con un 17%, en el cuarto lugar se encuentra Papelera los andes con un 7% y el 4% restante del mercado está cubierto por otras empresas.

En la figura 19 se muestra la participación de las empresas en el mercado nacional de cuadernos económicos.

Figura 19: Porcentaje de participación de las empresas



Fuente: La empresa

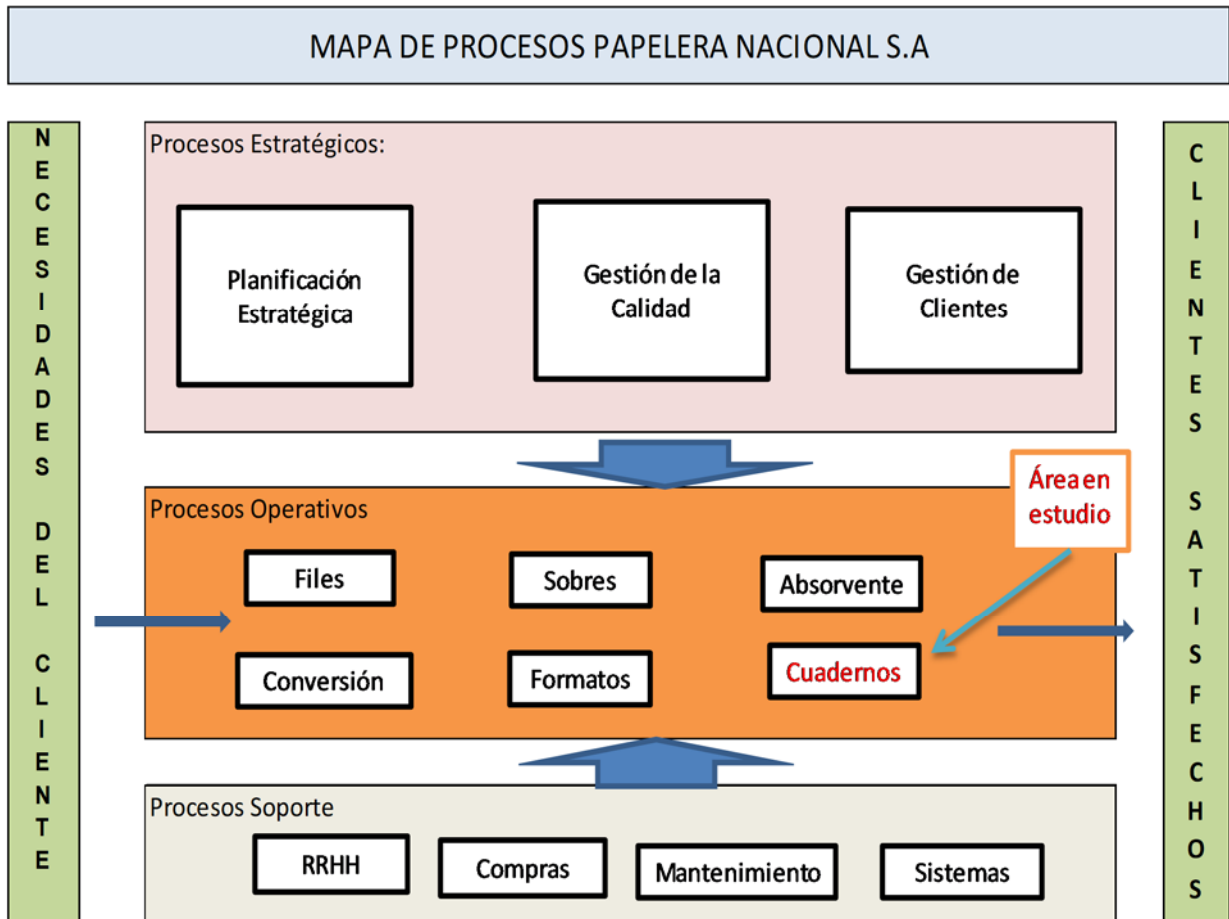
Como se puede observar en la figura anterior Panasa tiene el mayor porcentaje de participación en el mercado local (40%) con sus cuadernos económicos, su principal competidor es la empresa Continental con una participación del 32%.

2.2 Mapa de Procesos

En el mapa de procesos se muestra la distribución de los procesos de Panasa, en los procesos estratégicos se ubican la planificación estratégica, la gestión de la calidad y la gestión de clientes, en los procesos operativos se ubican el proceso de elaboración de Files, proceso de elaboración de Sobres, proceso de elaboración de Absorbentes, proceso de elaboración de Conversión, proceso de elaboración de Formatos y el proceso de elaboración de cuadernos,

cada uno de estos procesos será descrito a detalle en líneas abajo, como procesos de soporte se ubican recursos humanos, logística, mantenimiento y sistemas.

Figura 20: Mapa de procesos Papelera Nacional S.A.



Fuente: La empresa

2.3 Proceso Productivo

La empresa, Papelera Nacional S.A (PANASA) cuenta con 6 plantas de producción en las cuales se elaboran productos a base de papel y cartón. Los procesos de producción son las siguientes:

- **Proceso de producción de files**

El proceso de elaboración de files comprende desde el ingreso de la materia prima en bobinas, el corte transversal, doblado, troquelado y despuntado, hasta la manufactura final

que es el embolsado en cantidades de 50 unidades y el paletizado de los files con sus respectivos agujeros en cruz.

- **Proceso de producción de absorbentes e higiénicos**

Este proceso inicia con bobinas de papel, los cuales son desbobinados y transportado en rollos, luego son cortados y empaquetados en cantidades de 4 y 6 unidades, como producto final ofrece papel higiénico y toallas de papel.

- **Proceso de producción de papel fotocopia**

El proceso inicia con el ingreso de bobinas de papel cartulina, luego es cortado en diferentes medidas, las cuales son contadas automáticamente, acumuladas y transportadas en palets, como producto final ofrece cartulinas en distintas medidas y colores.

- **Proceso de producción de sobres**

El proceso inicia con el ingreso de bobinas de papel para sobres, luego es cortado, doblado y pegado en diferentes medidas, estas se cuentan y se embolsan en cantidades de 100 unidades. Luego se transportan en palets en cantidades de 5 millares.

- **Proceso de producción de formatos**

El proceso inicia con el ingreso de bobinas de papel, luego es cortado, perforado y doblado en medidas estándar, estas se cuentan y se embolsan en cantidades de 150 unidades. Luego se transportan en palets en cantidades de 10 millares.

- **Proceso de producción de cuadernos**

La planta de cuadernos desarrolla las operaciones de cireleado y transformación de las bobinas de papel para realizar cuadernos cocidos, grapados, pegados o anillados. También cuenta con troqueladoras, las cuales realizan el pre-cortado de lengüetas para los cuadernos. Las guardas, caratulas, lengüetas y pastas son hechas en el área de imprenta.

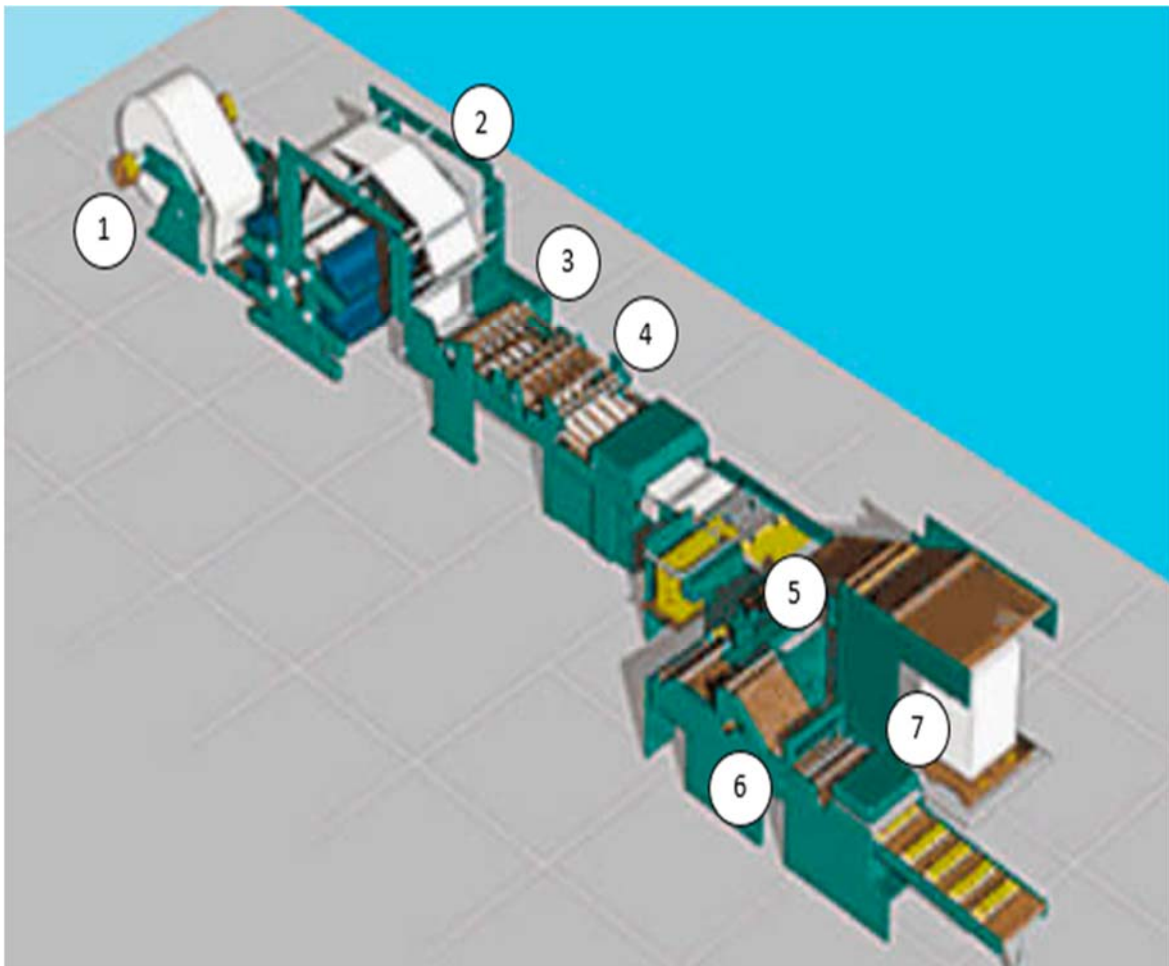
2.3.1 Descripción del proceso de producción de cuadernos

La planta de producción de cuadernos de Panasa está operativa 6 días a la semana, durante las 24 horas del día formado por 3 turnos de 8 horas cada una, los turnos son de 7:00 am a 3:00 pm, 3:00 pm a 11:00 pm y 11:00 pm a 7:00 am.

La planta de producción de cuadernos, cuenta con cuatro líneas de producción (R13, R14, R16, R17) donde se elabora los cuadernos, dichas líneas de producción tienen la misma capacidad de manufactura instalada (220,212.00 cientos de cuadernos/año), en estas líneas se realizan todas las operaciones de forma automática, desde que ingresa el papel en bobinas hasta que sale el producto final.

En la figura 21 se muestra las diversas etapas del proceso de elaboración de cuadernos de la empresa.

Figura 21: Proceso de elaboración de cuadernos



Fuente: La empresa

De acuerdo a la figura 21 podemos ver una línea de producción en serie, esta inicia con el desbobinado de papel (1), pasa por el sistema de impresión (2), seguidamente es cortado transversalmente (3) a una velocidad de 200m/min y después del corte se cuentan las hojas

(4), luego esto pasa por el engrapado (5) y luego ser refilado (7) y trozado (8) obteniendo en la mesa de salida el producto final (cuaderno).

Desbobinador: El sistema cuenta con dos mordazas giratorias, comandado hidráulicamente, accionadas en forma manual por el operador del equipo, tiene una apertura máxima de 1.15 mt de longitud y cuenta con la rigidez suficiente para poder elevar y sostener la materia prima (bobina) que pesa aproximadamente 1.5 Ton.

La bobina es situada manualmente por el operador quien se encarga de maniobrar el equipo y asegurarse que se encuentre en suspensión antes de encender el equipo e iniciar sus labores rutinarias.

Impresor: El proceso de impresión está constituido por 8 cuerpos y estos cuentan con rodillos de caucho de una dureza de 65-70 Shore A. Asimismo, tiene tinta de origen vegetal que permite imprimir las hojas según el requerimiento, estos pueden ser rayados o cuadrículados. También, cuenta con transmisión de engranajes rectos, estos permiten transmitir el movimiento uniforme a todos los cuerpos del sistema de impresión.

Corta Pliego: El proceso de corte está constituido por una cuchilla y una contra cuchilla de material especial con una dureza aproximada de 58-62 HRC, estas a su vez están montadas en un soporte giratorio perfectamente balanceado que giran a la vez para poder realizar el corte transversal de las hojas que pasan por este sistema, el movimiento se transmite mediante piñones rectos a una velocidad de 200 m/min.

Conteo: El proceso de conteo recibe las hojas cortadas del sistema corta pliego mediante unas fajas planas de transmisión e inicia el conteo de acuerdo al requerimiento, en lo general la cantidad de hojas son: 50, 75 y 100.

La velocidad de conteo varía entre 190 y 200 m/min, luego es arrumada y transportada al sistema de engrapado.

Engrapado: El proceso de engrapado cuenta con 8 cabezales, los cuales contienen alambres en rollo que permiten un trabajo continuo, el movimiento es transmitido mediante un embrague quien recibe la señal de un sensor capacitivo. A su vez este sistema cuenta con un

sistema de seguridad que alerta al operador cuando por algún motivo no llegó a engrapar correctamente o le falta grapas.

Refile: El proceso de refile está constituido por una cuchilla y una contra cuchilla de material especial con una dureza aproximada de 58-62 HRC, estas a su vez están montadas en un soporte que trabaja verticalmente para realizar el corte, la finalidad de este sistema es quitar el excedente mediante el corte longitudinal a esto se le denomina refile, luego el refile es succionado por unos extractores e impulsados a un área exclusiva para desechos de papel.

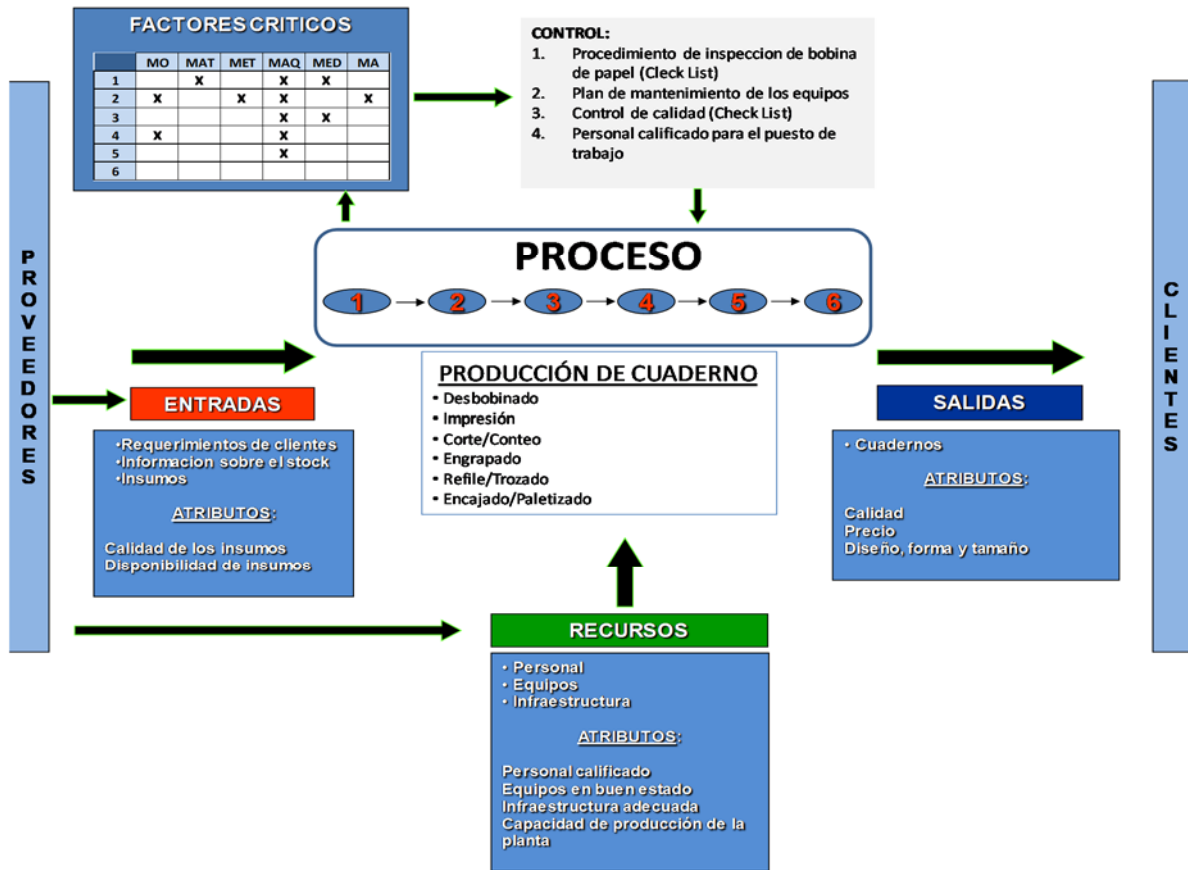
Trozado: El proceso de trozado está constituido por una cuchilla y una contra cuchilla de material especial con una dureza aproximada de 58-62 HRC, estas a su vez están montadas en un soporte que trabaja verticalmente para realizar el corte, la finalidad de este sistema es dar la medida final al cuaderno mediante el corte transversal.

2.3.2 Diagrama SIPOC

En la siguiente figura se caracteriza cada una de las etapas desarrolladas en la elaboración de cuadernos, se visualiza la relación que existe entre proveedor, entrada, proceso, salida y cliente:

Figura 22: Diagrama SIPOC proceso de producción de cuadernos

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUADERNOS



Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Maquinaria y equipos

En la planta de producción de cuadernos se cuenta con cuatro líneas de producción, cada línea cuenta con la misma cantidad de equipos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Equipos planta de cuadernos

ÁREA	SISTEMA/LINEA	EQUIPO	CANTIDAD
Planta de cuadernos	Línea R13	Desbobinador	1
		Impresor	1
		Corta pliego	1
		Conteo	1
		Grapado	1
		Refile	1
	Trozado	1	
	Línea R14	Desbobinador	1

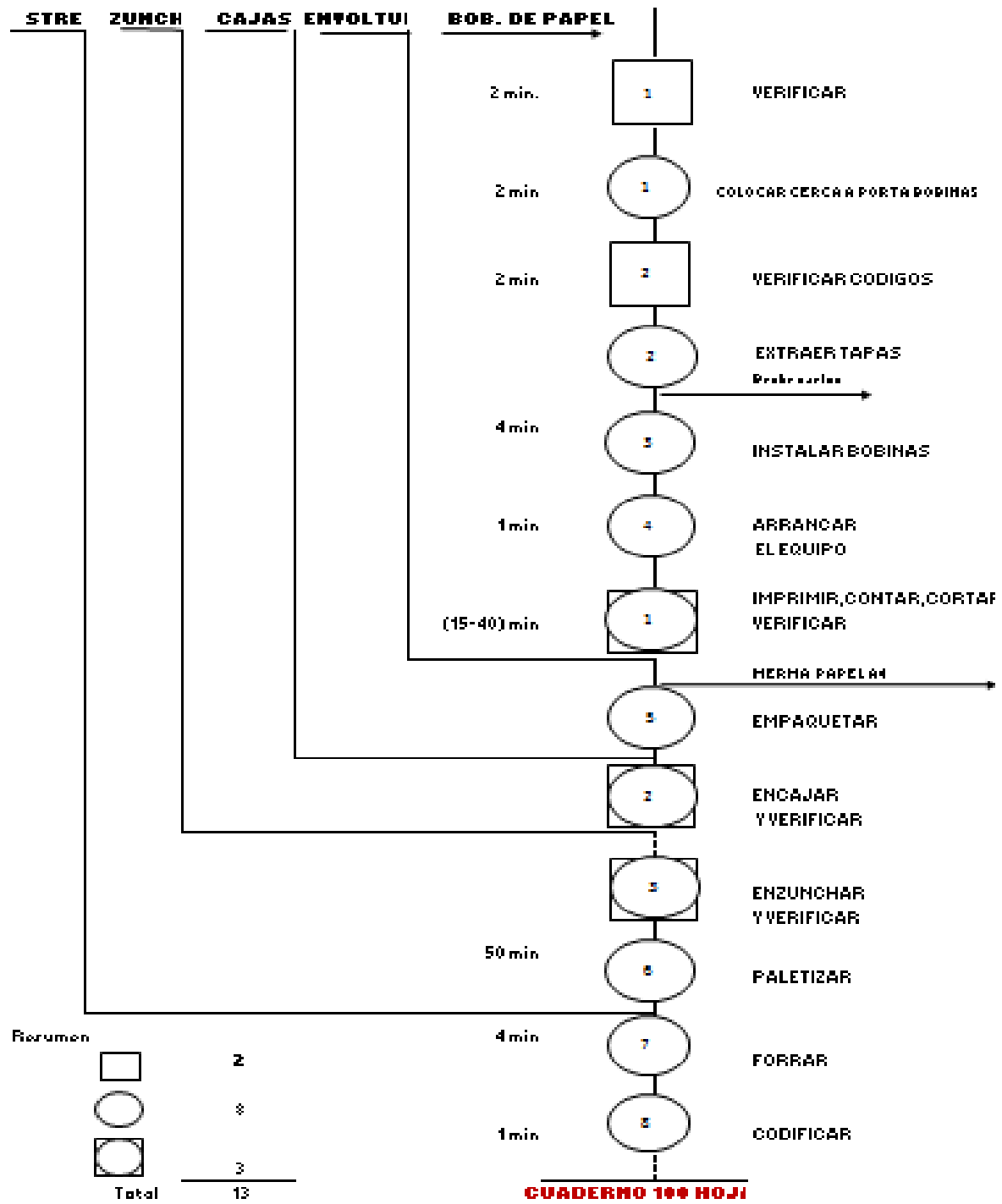
		Impresor	1	
		Corta pliego	1	
		Conteo	1	
		Grapado	1	
		Refile	1	
		Trozado	1	
	Línea R16	Desbobinador	1	
		Impresor	1	
		Corta pliego	1	
		Conteo	1	
		Grapado	1	
		Refile	1	
	Línea R17	Trozado	1	
		Desbobinador	1	
		Impresor	1	
		Corta pliego	1	
		Conteo	1	
		Grapado	1	
			Refile	1
			Trozado	1

Fuente: La empresa

2.3.4 Diagrama de operaciones (DOP)

En el DOP se muestra el ingreso de la materia prima "Bobina" en la línea cuadernera, esta se verifica que no se encuentre mojada, luego es ubicada cerca de la maquinaria por el operador de montacargas, el operador verifica los códigos correspondientes y extrae las tapas o papel sobrante de la bobina, instala la bobina en la máquina y arranca el equipo, es en ese instante en que verifica la impresión, el corte y se asegura que ingresen los accesorios para el cuaderno. Una vez que el cuaderno está listo se procede a empaquetar, encajar y enzunchar, para para luego trasladar la paleta mediante una stocka con su respectivo forro y código.

Figura 23: Diagrama de operaciones

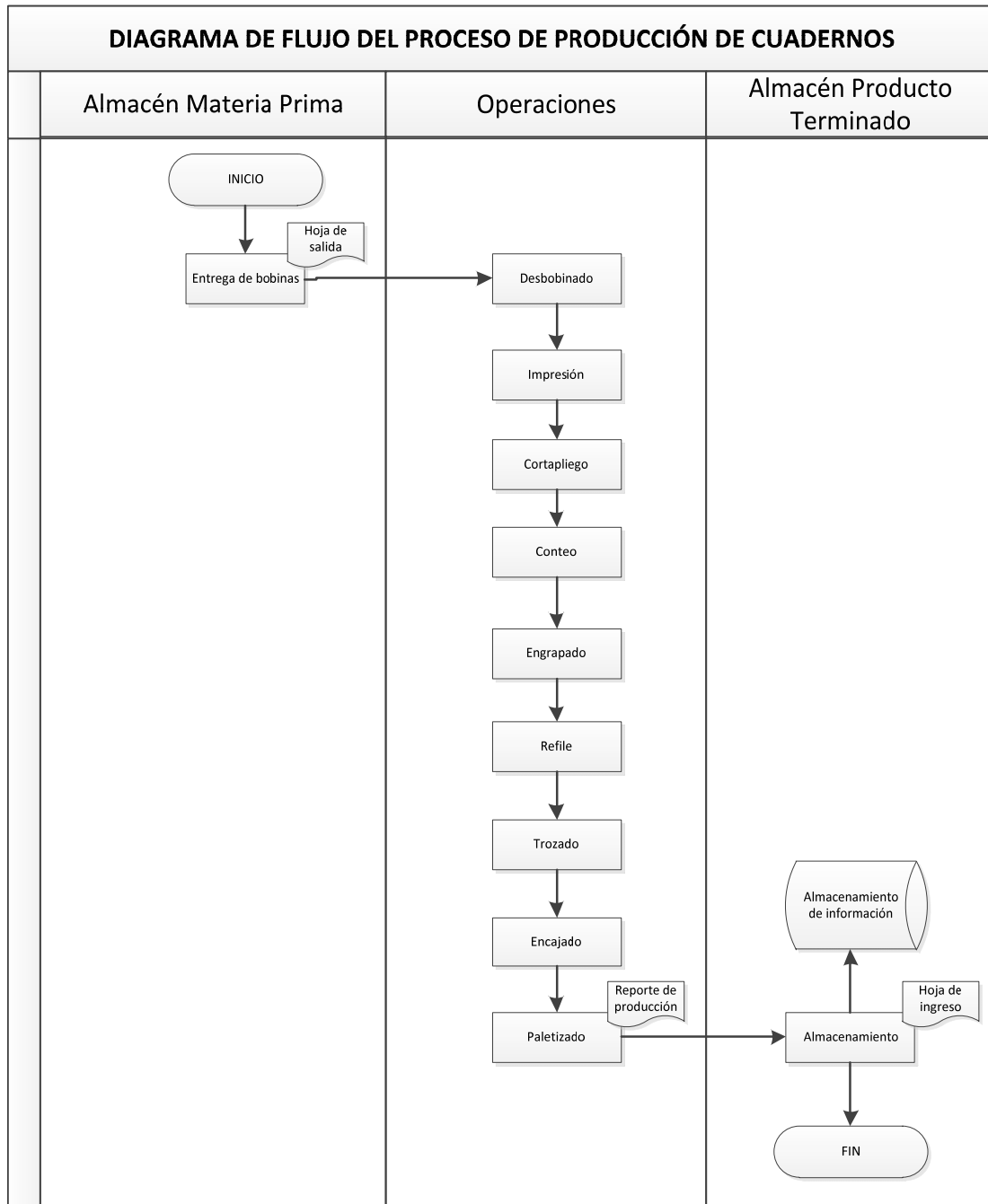


Fuente: Elaboración propia

2.3.5 Diagrama de flujo

En la siguiente figura se muestra el flujo del proceso de elaboración de cuadernos, el proceso comienza en el almacén de materia prima y termina en el almacén de productos terminados:

Figura 24: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

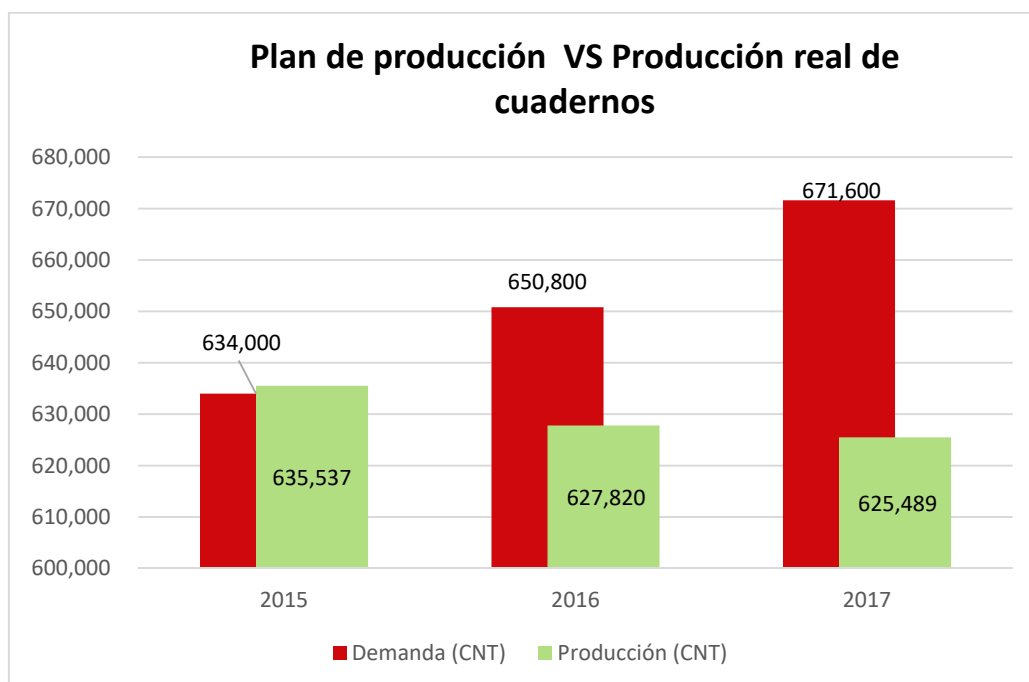
2.4 Situación Actual

La compañía establece su plan de producción anual haciendo una proyección de sus ventas para dicho periodo. La proyección se basa principalmente en la capacidad de consumo del mercado de los años anteriores, a estos valores se le adiciona un porcentaje de seguridad y esto nos da como resultado el plan de producción anual del próximo año. Pero lamentablemente la compañía no ha tenido un plan estructurado para todas las áreas que le asegure el cumplimiento de su plan de producción anual de los últimos dos años.

En los periodos 2016 y 2017 la compañía debería haber producido 650,800 y 671,600 cientos de cuadernos respectivamente para cumplir con su plan de producción anual estimada, pero debido a problemas de calidad, disponibilidad de las líneas de producción y un deficiente plan y control de la producción, que serán materia de análisis, no se llegó a cumplir con dichos objetivos. En el año 2016 la producción de Panasa fue de 627,820 cientos de cuadernos y en el año 2017 su producción fue de 625,489 cientos de cuadernos, cantidades por debajo de lo estimado.

En la figura 25 se ilustra el plan de producción anual, de acuerdo a la demanda estimada, y la producción real de cuadernos de los últimos tres años (2015, 2016 y 2017).

Figura 25: Plan de producción vs Producción real

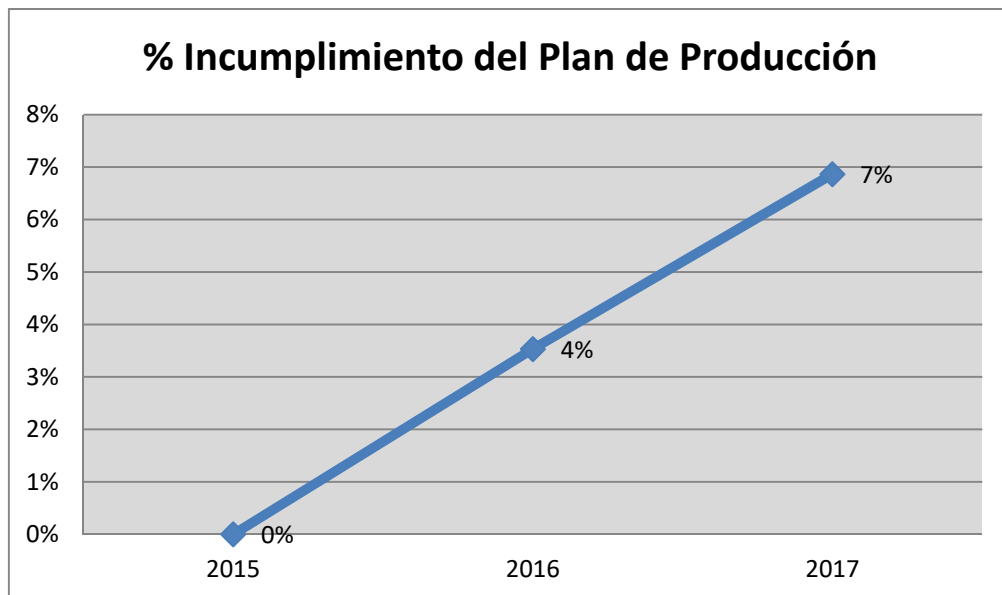


Fuente: Elaboración propia

En la figura mostrada se puede evidenciar un claro incumplimiento del plan de producción anual en los periodos 2016 y 2017, un incremento considerable de la demanda y una reducción de la producción de cuadernos.

El porcentaje de incumplimiento del plan de producción en el periodo 2015 fue del 0%, en el año 2016 el incumplimiento del plan de producción fue del 4% y en el 2017 el incumplimiento del plan de producción se incrementó a un 7% con respecto al periodo 2016. En la figura 26 se muestra el porcentaje de incumplimiento del plan de producción de los últimos tres años.

Figura 26: Porcentaje de incumplimiento del plan de producción



Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se puede observar que cada año se va incrementando el porcentaje de incumplimiento del plan de producción, probablemente este valor siga en aumento si no se toma las debidas acciones para remediar esta situación.

Con la información recaudada de la compañía se elaboró la tabla 7, donde se muestra el cálculo del OEE de las cuatro líneas de producción (R13, R14, R16 y R17), durante el periodo 2017.

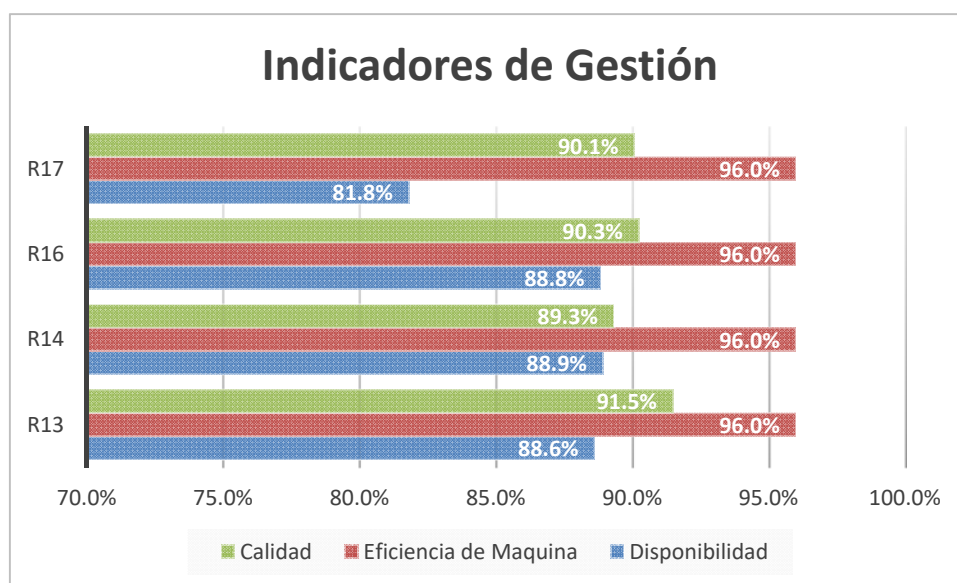
Tabla 7: Registro de cálculo del OEE

REGISTRO DE LINEAS CUADERNERAS 2017													
Línea	Mes	Horas de Parada				Horas de Operación		Producción (Cnt)		Indicadores Globales de Equipos			
		Producción	Manitto Correct.	Manitto Prevent.	Total	Real	Planificado	Real	Ideal	Disponibilidad	Eficiencia de Máquina	Calidad	OEE
R13	ENERO	7	69	0	76	534	610	12,812	13,346	88%	96%	93%	78%
	FEBRERO	6	83	0	89	481	570	11,545	12,026	84%	96%	92%	75%
	MARZO	7	67	0	75	535	610	12,851	13,386	88%	96%	89%	75%
	ABRIL	9	57	0	65	545	610	13,079	13,624	89%	96%	91%	78%
	MAYO	9	56	0	64	546	610	13,098	13,644	89%	96%	92%	79%
	JUNIO	9	54	0	63	547	610	13,136	13,684	90%	96%	93%	80%
	JULIO	9	54	0	63	547	610	13,136	13,684	90%	96%	89%	77%
	AGOSTO	8	65	0	72	538	610	12,908	13,446	88%	96%	91%	77%
	SEPTIEMBRE	9	52	0	61	549	610	13,175	13,724	90%	96%	93%	80%
	OCTUBRE	9	56	0	64	546	610	13,098	13,644	89%	96%	89%	76%
	NOVIEMBRE	7	72	0	79	531	610	12,755	13,287	87%	96%	92%	77%
DICIEMBRE	10	47	0	56	554	610	13,289	13,843	91%	96%	94%	82%	
TOTAL	97	730	0	827	6,453	7280	154,884	161,337	88.6%	96.0%	91.5%	77.8%	
R14	ENERO	0	57	0	57	513	570	12,312	12,825	90%	96%	88%	76%
	FEBRERO	12	69	0	82	528	610	12,675	13,203	87%	96%	90%	75%
	MARZO	7	70	0	77	533	610	12,797	13,331	87%	96%	92%	77%
	ABRIL	8	62	0	70	540	610	12,955	13,494	88%	96%	89%	76%
	MAYO	10	52	0	62	548	610	13,147	13,694	90%	96%	90%	78%
	JUNIO	10	53	0	63	547	610	13,129	13,676	90%	96%	88%	76%
	JULIO	11	47	0	58	552	610	13,252	13,804	91%	96%	87%	76%
	AGOSTO	7	70	0	77	533	610	12,797	13,331	87%	96%	88%	74%
	SEPTIEMBRE	13	38	0	51	559	610	13,426	13,986	92%	96%	88%	77%
	OCTUBRE	10	56	0	65	545	610	13,077	13,622	89%	96%	92%	79%
	NOVIEMBRE	6	72	0	78	532	610	12,762	13,294	87%	96%	91%	76%
DICIEMBRE	9	57	0	67	543	610	13,042	13,585	89%	96%	89%	76%	
TOTAL	104	702	0	806	6,474	7280	155,371	161,845	88.9%	96.0%	89.3%	76.3%	
R16	ENERO	8	54	0	62	548	610	13,160	13,708	90%	96%	89%	77%
	FEBRERO	11	62	0	73	537	610	12,888	13,425	88%	96%	91%	77%
	MARZO	8	54	0	62	548	610	13,160	13,708	90%	96%	92%	79%
	ABRIL	7	58	0	65	545	610	13,072	13,617	89%	96%	92%	79%
	MAYO	5	66	0	72	538	610	12,915	13,453	88%	96%	89%	75%
	JUNIO	8	56	0	63	547	610	13,125	13,672	90%	96%	90%	77%
	JULIO	7	58	0	65	545	610	13,072	13,617	89%	96%	92%	79%
	AGOSTO	6	65	0	71	539	610	12,933	13,472	88%	96%	88%	75%
	SEPTIEMBRE	8	54	0	62	548	610	13,160	13,708	90%	96%	93%	80%
	OCTUBRE	6	63	0	69	541	610	12,985	13,526	89%	96%	89%	76%
	NOVIEMBRE	9	63	0	72	498	570	11,957	12,456	87%	96%	87%	73%
DICIEMBRE	4	72	0	76	534	610	12,810	13,344	88%	96%	91%	76%	
TOTAL	87	725	0	812	6,468	7280	155,238	161,706	88.8%	96.0%	90.3%	77.0%	
R17	ENERO	8	94	0	102	508	610	12,182	12,689	83%	96%	92%	73%
	FEBRERO	15	97	0	113	497	610	11,933	12,431	82%	96%	90%	70%
	MARZO	7	100	0	108	502	610	12,059	12,562	82%	96%	91%	72%
	ABRIL	8	96	0	104	506	610	12,147	12,653	83%	96%	90%	72%
	MAYO	8	98	0	105	505	610	12,112	12,616	83%	96%	89%	71%
	JUNIO	7	102	0	109	501	610	12,024	12,525	82%	96%	91%	72%
	JULIO	4	118	0	121	489	610	11,727	12,216	80%	96%	87%	67%
	AGOSTO	8	97	0	105	505	610	12,129	12,635	83%	96%	89%	71%
	SEPTIEMBRE	7	102	0	109	501	610	12,024	12,525	82%	96%	91%	72%
	OCTUBRE	4	115	0	119	491	610	11,780	12,271	80%	96%	90%	70%
	NOVIEMBRE	3	121	0	124	486	610	11,657	12,143	80%	96%	89%	68%
DICIEMBRE	4	101	0	104	466	570	11,178	11,644	82%	96%	92%	72%	
TOTAL	82	1241	0	1324	5,956	7280	142,953	148,910	81.8%	96.0%	90.1%	70.8%	

Fuente: La empresa

En la figura 27 se muestra gráficamente el porcentaje que representa los indicadores que influyen en el cálculo del OEE.

Figura 27: Indicadores de gestión



Fuente: Elaboración propia

En la figura mostrada se puede apreciar que las líneas de producción de cuadernos R13, R14, R16 y R17 tuvieron un menor porcentaje en el indicador de disponibilidad en comparación a los indicadores de eficiencia y calidad. Entonces, a partir de ello se puede concluir que existe un problema de baja disponibilidad de las líneas de producción (R13, R14, R16 y R17).

2.5 Identificación de los Problemas

En la empresa Papelera Nacional se ha identificado el siguiente problema:

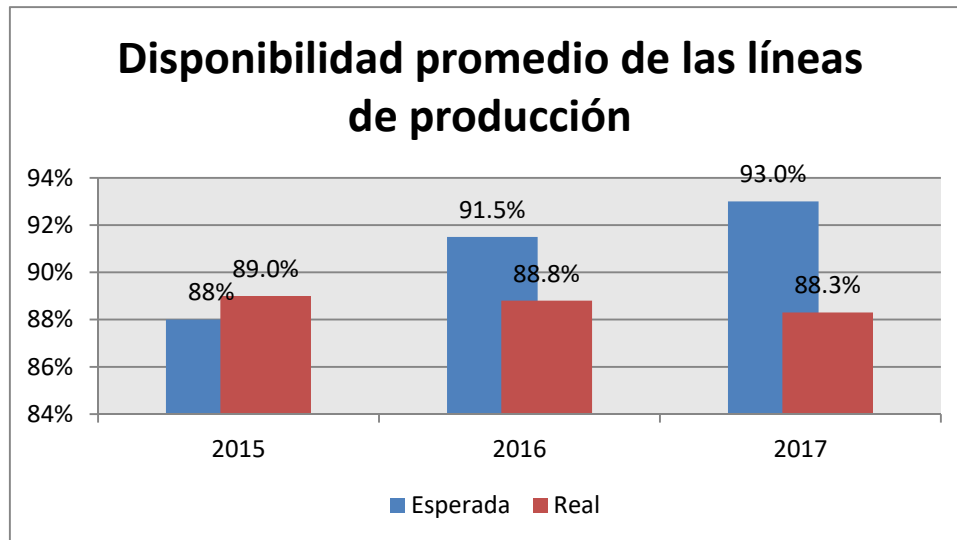
2.5.1 Problema: Baja disponibilidad de las líneas de producción de cuadernos

2.5.1.1 Detalle del problema

En los dos últimos años (2016 y 2017) la disponibilidad de las cuatro líneas de producción estuvo por debajo de lo requerido para el cumplimiento del plan de producción anual.

En la siguiente figura se hace un comparativo entre la disponibilidad real con la esperada de los últimos tres años:

Figura 28: Disponibilidad promedio de las líneas de producción de cuadernos



Fuente: La empresa

Como se puede apreciar en la figura mostrada la disponibilidad promedio de las líneas de producción de cuadernos tiene una tendencia decreciente.

La tabla 8 muestra el número de horas de producción programado por mes en el periodo 2017. También, se incluye las horas de paradas no programadas y las horas de operación disponibles. Asimismo, se muestra el número de veces que el equipo ha parado a causa de fallas ocurridas en la línea de producción. Esto da como resultado la disponibilidad real de la línea, la cual, es comparada con la disponibilidad Esperada (93%).

Tabla 8: Disponibilidad de las líneas de producción en el año 2017

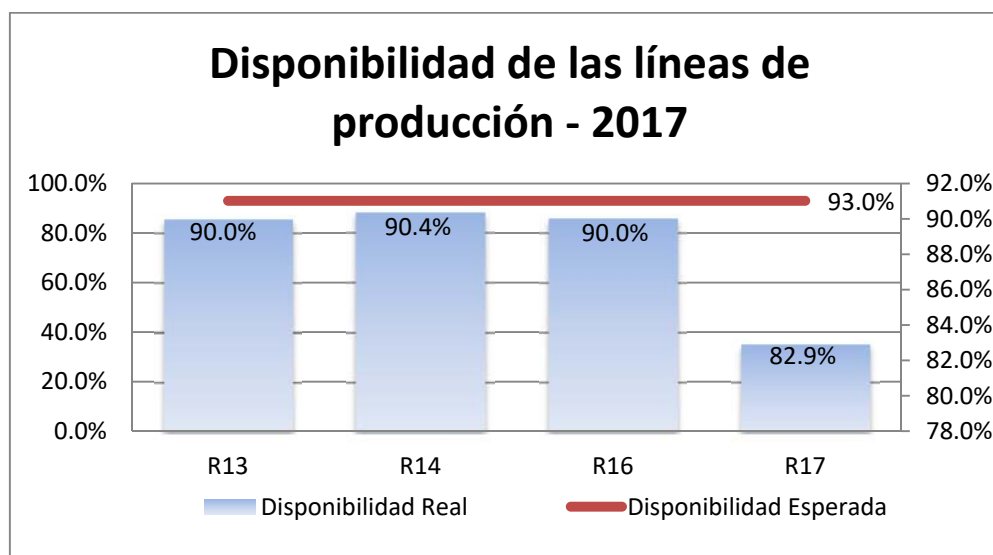
Línea	Mes	Horas Programadas	Parada no Programada (Hora)	N° de Paradas	Horas de Operación	MTBF	MTTR	Disponibilidad Real	Disponibilidad Esperada
R13	ENERO	610	69	32	541	16.9	2.2	88.7%	93.0%
	FEBRERO	570	83	22	487	22.1	3.8	85.4%	93.0%
	MARZO	610	67	23	543	23.6	2.9	89.0%	93.0%
	ABRIL	610	57	29	553	19.1	1.9	90.7%	93.0%
	MAYO	610	56	33	554	16.8	1.7	90.9%	93.0%
	JUNIO	610	54	12	556	46.3	4.5	91.2%	93.0%
	JULIO	610	54	29	556	19.2	1.9	91.2%	93.0%
	AGOSTO	610	65	24	545	22.7	2.7	89.4%	93.0%
	SEPTIEMBRE	610	52	13	558	42.9	4.0	91.5%	93.0%
	OCTUBRE	610	56	28	554	19.8	2.0	90.9%	93.0%

	NOVIEMBRE	610	72	17	538	31.7	4.2	88.2%	93.0%
	DICIEMBRE	610	47	16	563	35.2	2.9	92.4%	93.0%
	TOTAL	7280	730	278	6550	23.6	2.6	90.0%	93.0%
R14	ENERO	570	57	68	513	7.5	0.8	90.0%	93.0%
	FEBRERO	610	69	72	541	7.5	1.0	88.6%	93.0%
	MARZO	610	70	78	540	6.9	0.9	88.5%	93.0%
	ABRIL	610	62	69	548	7.9	0.9	89.9%	93.0%
	MAYO	610	52	58	558	9.6	0.9	91.5%	93.0%
	JUNIO	610	53	59	557	9.4	0.9	91.3%	93.0%
	JULIO	610	47	52	563	10.8	0.9	92.4%	93.0%
	AGOSTO	610	70	78	540	6.9	0.9	88.5%	93.0%
	SEPTIEMBRE	610	38	42	572	13.6	0.9	93.8%	93.0%
	OCTUBRE	610	56	62	554	8.9	0.9	90.9%	93.0%
	NOVIEMBRE	610	72	80	538	6.7	0.9	88.2%	93.0%
	DICIEMBRE	610	57	64	553	8.6	0.9	90.6%	93.0%
	TOTAL	7280	702	782	6578	8.4	0.9	90.4%	93.0%
R16	ENERO	610	54	60	556	9.3	0.9	91.2%	93.0%
	FEBRERO	610	62	64	548	8.6	1.0	89.9%	93.0%
	MARZO	610	54	60	556	9.3	0.9	91.2%	93.0%
	ABRIL	610	58	65	552	8.5	0.9	90.4%	93.0%
	MAYO	610	66	74	544	7.3	0.9	89.1%	93.0%
	JUNIO	610	56	62	554	8.9	0.9	90.9%	93.0%
	JULIO	610	58	65	552	8.5	0.9	90.4%	93.0%
	AGOSTO	610	65	73	545	7.5	0.9	89.3%	93.0%
	SEPTIEMBRE	610	54	60	556	9.3	0.9	91.2%	93.0%
	OCTUBRE	610	63	70	547	7.8	0.9	89.7%	93.0%
	NOVIEMBRE	570	63	75	507	6.8	0.8	89.0%	93.0%
	DICIEMBRE	610	72	80	538	6.7	0.9	88.2%	93.0%
TOTAL	7280	725	808	6555	8.1	0.9	90.0%	93.0%	
R17	ENERO	610	94	105	516	4.9	0.9	84.6%	93.0%
	FEBRERO	610	97	101	513	5.1	1.0	84.0%	93.0%
	MARZO	610	100	112	510	4.5	0.9	83.5%	93.0%
	ABRIL	610	96	107	514	4.8	0.9	84.3%	93.0%
	MAYO	610	98	109	512	4.7	0.9	84.0%	93.0%
	JUNIO	610	102	114	508	4.5	0.9	83.2%	93.0%
	JULIO	610	118	131	492	3.8	0.9	80.7%	93.0%
	AGOSTO	610	97	108	513	4.8	0.9	84.1%	93.0%
	SEPTIEMBRE	610	102	114	508	4.5	0.9	83.2%	93.0%
	OCTUBRE	610	115	128	495	3.9	0.9	81.2%	93.0%
	NOVIEMBRE	610	121	135	489	3.6	0.9	80.1%	93.0%
	DICIEMBRE	570	101	120	469	3.9	0.8	82.4%	93.0%
TOTAL	7280	1241	1384	6039	4.4	0.9	82.9%	93.0%	

Fuente: La empresa

En la figura 29 se muestra la disponibilidad promedio de cada una de las líneas de producción de cuadernos durante el periodo 2017.

Figura 29: Disponibilidad de las líneas de producción de cuadernos



Fuente: La empresa

Como se puede apreciar en la figura mostrada la disponibilidad de las líneas R13, R14 y R16 están muy cerca de lo requerido (93%). Sin embargo, la línea R17 tiene la menor disponibilidad (82.9%) y se encuentra muy por debajo de la disponibilidad esperada.

Entonces podemos concluir que la línea de producción R17 es la más crítica, por lo tanto, nuestra propuesta de mejora estará enfocada a esta línea.

2.6 Impacto Económico

2.6.1 Impacto económico del problema

Para determinar el impacto económico del problema, se analizaron las pérdidas generadas por la baja disponibilidad de las cuatro líneas de producción de cuadernos. La empresa durante el año 2017 tuvo un ingreso de 180, 219,500 soles por la venta de cuadernos. El tiempo que dejó de operar las líneas de producción de cuadernos R13, R14, R16 y R17 ha generado que la compañía deje de percibir 16, 311,761 soles en el año 2017. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la oportunidad de venta perdida por cada mes durante el periodo en estudio.

Tabla 9: Oportunidad de venta perdida en el año 2017

Mes	Horas perdidas					Cap. de producción (Unid/ Hora)	Cuadernos no producidos	Precio de venta (Soles/Unid)		Ventas perdidas
	R13	R14	R16	R17	Total					
ENERO	69	57	54	94	274	2400	657812	S/.	2.00	S/. 1,315,624
FEBRERO	83	69	62	97	312	2400	748139	S/.	2.00	S/. 1,496,278
MARZO	67	70	54	100	292	2400	699706	S/.	2.00	S/. 1,399,412
ABRIL	57	62	58	96	273	2400	654494	S/.	2.00	S/. 1,308,988
MAYO	56	52	66	98	272	2400	652341	S/.	2.00	S/. 1,304,682
JUNIO	54	53	56	102	265	2400	635118	S/.	2.00	S/. 1,270,235
JULIO	54	47	58	118	276	2400	663106	S/.	2.00	S/. 1,326,212
AGOSTO	65	70	65	97	297	2400	712624	S/.	2.00	S/. 1,425,247
SEPTIEMBRE	52	38	54	102	246	2400	589906	S/.	2.00	S/. 1,179,812
OCTUBRE	56	56	63	115	289	2400	693247	S/.	2.00	S/. 1,386,494
NOVIEMBRE	72	72	63	121	328	2400	786000	S/.	2.00	S/. 1,572,000
DICIEMBRE	47	57	72	101	276	2400	663388	S/.	2.00	S/. 1,326,776
TOTAL	730	702	725	1241	3398	2400	8155880	S/.	2.00	S/. 16,311,761

Fuente: La empresa

En la Tabla mostrada se puede observar que la oportunidad de venta pérdida en el año 2017 fue de 16, 311,761 soles, el cual representa el 9% del ingreso total obtenido por la venta de cuadernos en dicho periodo (180, 219,500 soles). La línea R17 es la que genero mayores pérdidas en comparación con las otras líneas de producción.

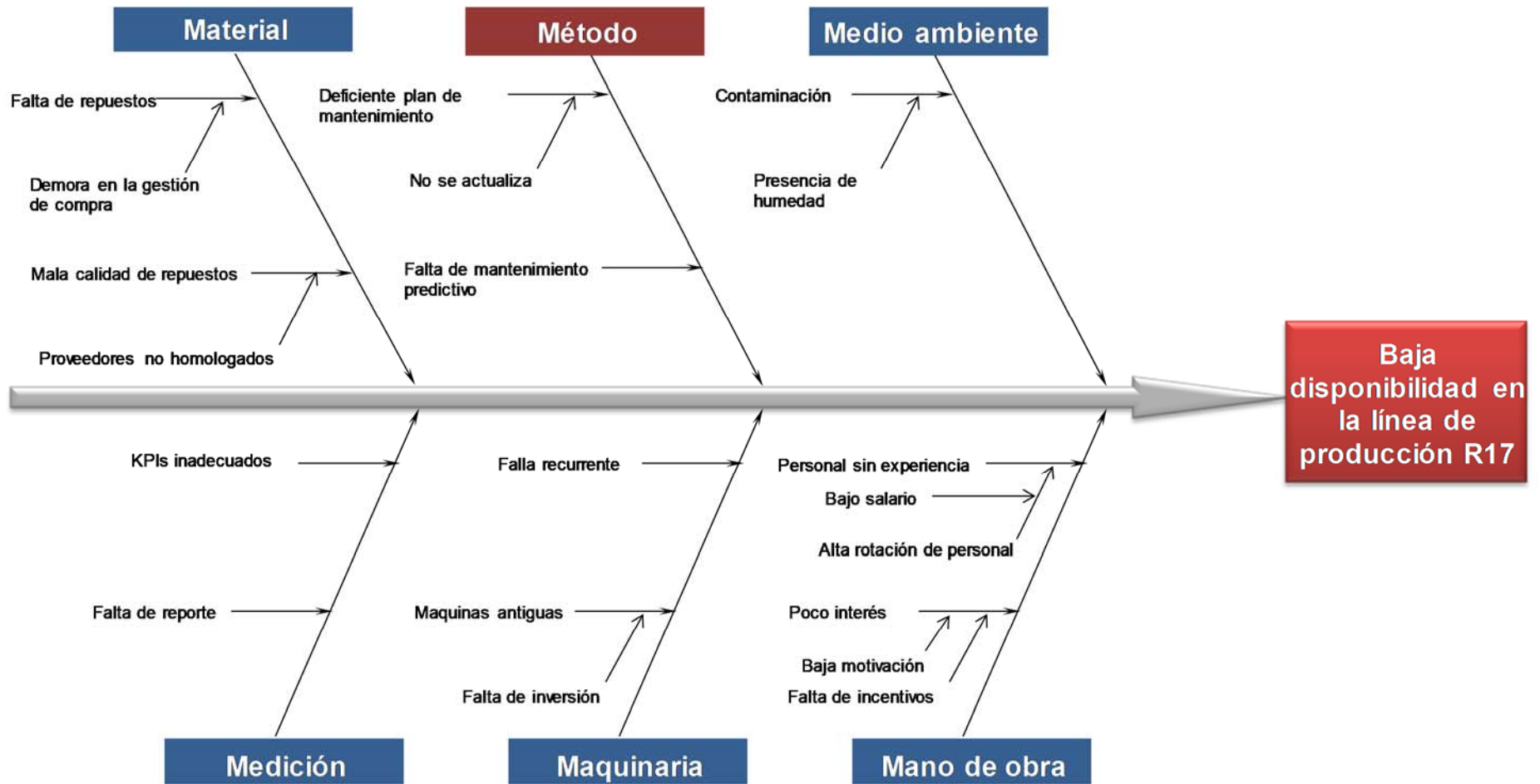
2.7 Análisis de las Causas

2.7.1 Causa – efecto (Ishikawa)

Luego de haber identificado el problema principal, se procede a realizar un análisis causa efecto para identificar los factores que influyen en la baja disponibilidad de las líneas de producción de cuadernos. Para ello, primero, se realizó una lluvia de ideas con el personal de Panasa y, luego, se realizó un diagrama de Ishikawa. Las causas están agrupadas en las siguientes categorías: mano de obra, maquinaria, medición, material, método y medio ambiente.

En la figura 30 se puede observar el diagrama de Ishikawa, donde se muestra las causas del problema principal.

Figura 30: Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al diagrama presentado se pudo identificar once causas como responsables de la baja disponibilidad de equipos.

A continuación, se detalla cada una de las causas identificadas por categoría:

Método:

- Deficiente plan de mantenimiento
- Falta de mantenimiento predictivo

Material:

- Falta de repuestos
- Mala calidad de los repuestos

Medición:

- KPIs inadecuados
- Falta de reporte

Maquinaria:

- Falla recurrente
- Maquinas antiguas

Mano de obra:

- Poco interés
- Personal sin experiencia

Medio ambiente:

- Contaminación

2.7.1.1 Priorización de la causa raíz

Luego de identificar las causas del problema, es necesario determinar cuáles son las causas de mayor nivel, previamente a la implementación de cualquier mejora. Para ello se hará uso del diagrama de Pareto. La valoración de cada una de las causas está en base al tiempo de parada y al impacto en la producción.

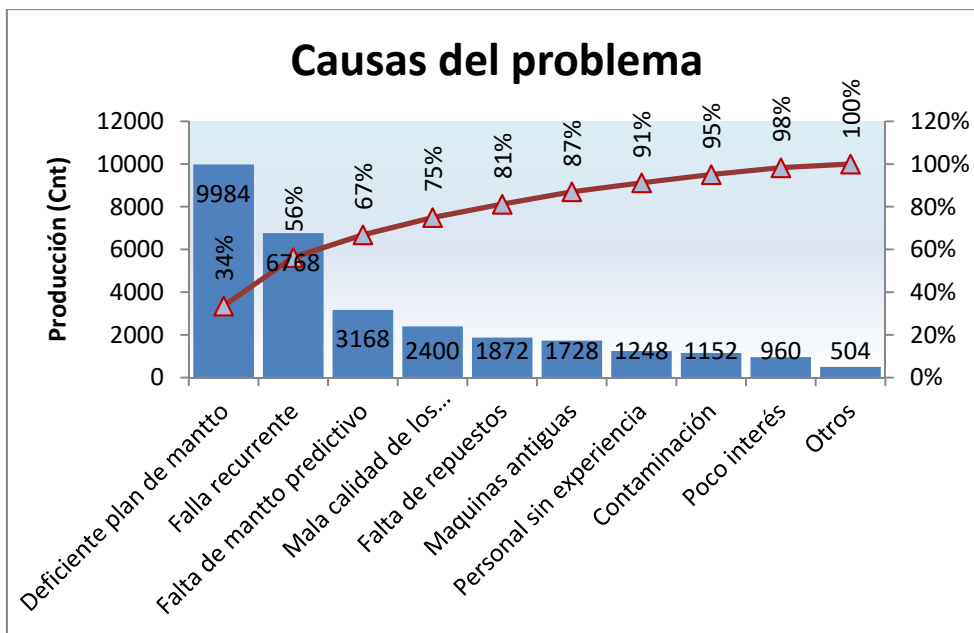
Tabla 10: Porcentaje acumulado

#	Causas de problema	Tiempo (Hora)	Producción (Cnt)	%	% Acumulado
1	Deficiente plan de mantto	416	9984	33.5%	34%
2	Falla recurrente	282	6768	22.7%	56%
3	Falta de mantto predictivo	132	3168	10.6%	67%
4	Mala calidad de los repuestos	100	2400	8.1%	75%
5	Falta de repuestos	78	1872	6.3%	81%
6	Maquinas antiguas	72	1728	5.8%	87%
7	Personal sin experiencia	52	1248	4.2%	91%
8	Contaminación	48	1152	3.9%	95%
9	Poco interés	40	960	3.2%	98%
10	Otros	21	504	1.7%	100%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se ilustra gráficamente el análisis de priorización de las causas raíz del problema a través de diagrama de Pareto.

Figura 31: Diagrama de Pareto - causas del problema



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al diagrama de Pareto mostrado las causas principales de la baja disponibilidad de equipos en la línea R17 son: deficiente plan de mantenimiento, falla recurrente, falta de mantenimiento predictivo, mala calidad de los repuestos y falta de repuestos. Por ello la

metodología que se propondrá para mejora de la baja disponibilidad de equipos estará enfocada a las causas identificadas como principales.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE MEJORA

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo 2 se identificó el problema más relevante que está aquejando a la empresa Papelera Nacional, la baja disponibilidad de equipos en la planta de cuadernos.

Para ello se evaluarán tres metodologías, posibles soluciones para el problema, entre ellas está: mantenimiento centrado en la confiabilidad, mantenimiento productivo total, mantenimiento basado en la condición. Asimismo, se seleccionará una de las alternativas propuestas, mediante la evaluación del ranking de factores, el que obtenga el mayor puntaje será la metodología que aplicaremos para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de cuadernos

Seguidamente, la alternativa elegida será descrita a detalle para su entendimiento y aplicación, en los siguientes puntos se desarrolla el plan de mantenimiento y el seguimiento de las actividades mediante el cuadro de control del Balanced scorecard (BSC).

3.1 Metodología para la Solución de Problema

3.1.1 Elección de la propuesta de solución

El objetivo de la organización es aumentar la disponibilidad de los equipos. Para ello, se propone implementar un sistema de gestión de mantenimiento que ayude a aumentar la baja disponibilidad de la línea R17 (82.9%).

En la figura 32 se muestra las alternativas de la metodología a utilizar para solucionar el problema. Estas metodologías son las más conocidas y contienen técnicas que permitirán llegar al objetivo que se desea conseguir.

Figura 32: Metodologías propuestas

Alternativa	Descripción
RCM	Es una de las técnicas más actuales para aplicar en mantenimiento, se basa en la búsqueda de mejora de resultados con base en la siguiente premisa: Analizar con una metodología rigurosa y auditable cada tipo de fallo y avería de la forma más estricta y profunda. Fernández 2011. 94-95
TPM	El TPM es un sistema de gestión de mantenimiento que se basa, entre otros fundamentos, en implantar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción (...). Para ello es necesario de una cultura propia que sea estimulante y motivadora. González 2011, 118
CBM	Este sistema de mantenimiento se basa en la suposición de que las piezas que conforma un equipo se gasten siempre en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes. Para la implementación de este tipo de mantenimiento se debe realizar un estudio detallado de todos los equipos de la empresa, mediante el cual se determina con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante. Arias 2011.28

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 se describe las metodologías del RCM, TPM y BCM cada uno de ellos se enfoca en el mantenimiento de diversa forma, pero con el mismo fin que es la mejora del proceso productivo basado en disminuir fallas.

Para la elección de la metodología a aplicar para la solución de la baja disponibilidad de equipos se utilizó el método de ranking de factores, el cual sirve para comparar las diferentes alternativas y así determinar la que más se ajuste a las necesidades de la empresa.

Los factores que se tomaron en consideración son: el costo de implementación, el tiempo de implementación y el personal.

Tabla 11: Ranking de factores

FACTOR	Costo de implementación	Tiempo de implementación	Personal	Conteo	Ponderación
Costo de implementación		1	1	2	50%

Tiempo de implementación	0		1	1	25%
Personal	1	0		1	25%
TOTAL				4	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 12 se define que el costo de implementación tiene una importancia del 50% para la evaluación de la metodología a aplicar, seguido por el tiempo de implementación con un 25% y finalmente el personal con un 25%.

Tabla 12: Matriz de selección

FACTORES	PESO RELATIVO (%)	ALTERNATIVAS					
		RCM		TPM		CBM	
		Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
Costo de implementación	50	8	4	8	4	4	2
Tiempo de implementación	25	8	2	6	1.5	4	1
Personal	25	6	1.5	6	1.5	4	1
TOTAL			7.5		7		4
Calificación: 2 – 10 Deficiente (2), Regular (4), Bueno (6), Muy Bueno (8), Excelente (10)							

Fuente: Elaboración propia

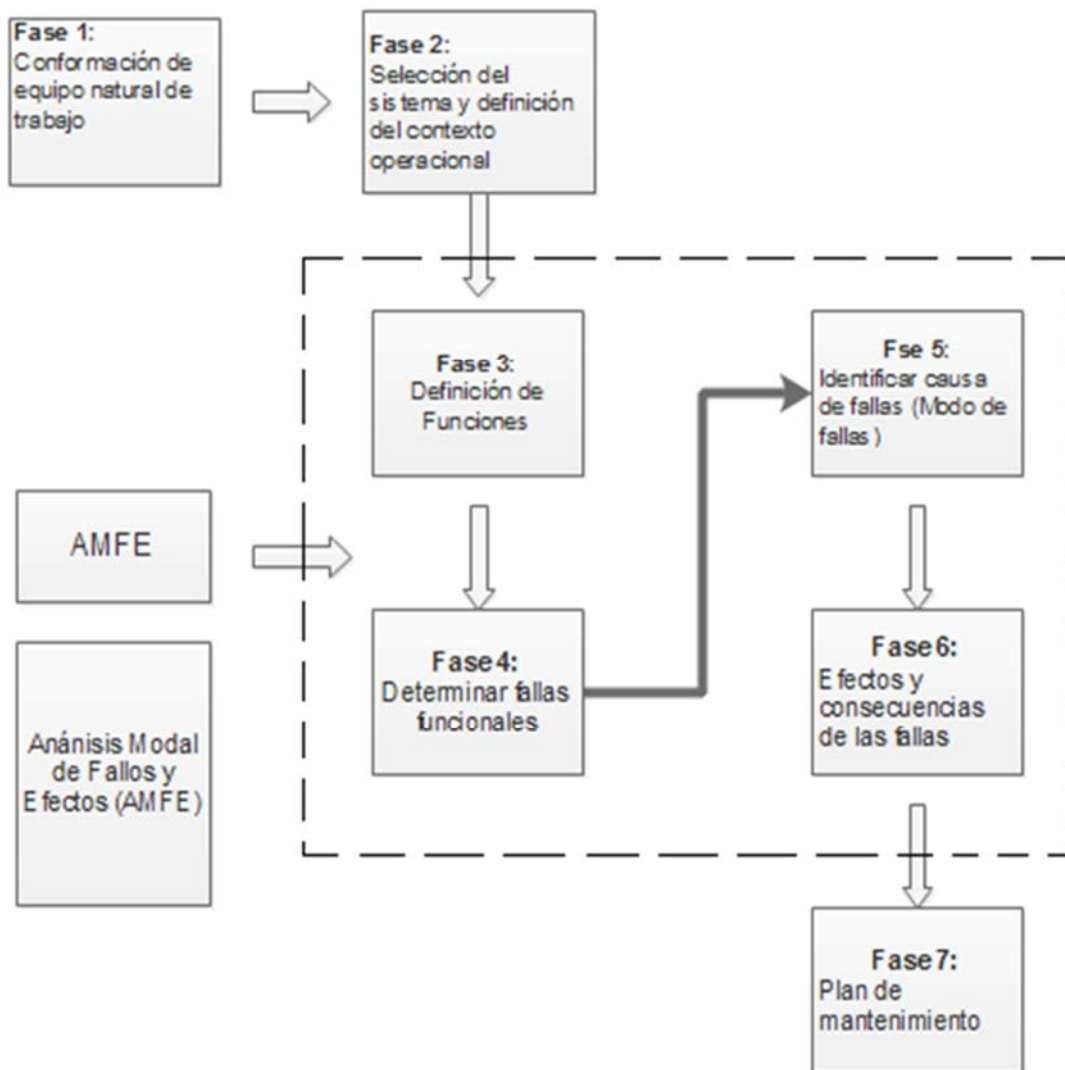
De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 12, la técnica que mejor se ajusta y se enfoca a la solución del problema es la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) el cual nos permitirá enfocarnos en las fallas que están originando la baja disponibilidad de los equipos en la planta de producción de cuadernos.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) nos permitirá mejorar el plan de mantenimiento actual, disminuir las fallas recurrentes de los equipos, establecer KPIs adecuados, proponer mantenimientos predictivos donde puedan ser aplicados y mejorar la gestión de los repuestos.

3.1.2 Metodología a aplicar

La metodología a aplicar será el RCM por ajustarse mejor a los requerimientos de la empresa, según lo obtenido con el método ranking de factores. Su implementación consta de siete fases, las cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 33: Fases para la implementación del RCM



Fuente: Fernández 2011. 105

En la figura 33 se encuentra las 7 fases para la implementación de RCM, cada una de las cuales serán descritas y analizadas individualmente. Estas fases servirán como guía para describir y analizar las actividades que se requieren en cada una de ellas.

3.2 Desarrollo de la Metodología de RCM

En esta parte desarrollaremos las fases para la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

3.2.1 Fase 1: Conformación del equipo de trabajo

El equipo de trabajo estará conformado por el Asesor externo, con más de 6 años de experiencia desarrollando proyectos de implementación del RCM, el Supervisor de Mantenimiento, quien cuenta con una experiencia en el rubro papelerero de 10 años, Técnicos de Mantenimiento de planta, con experiencia en promedio de 5 años, El Supervisor de producción cuenta con una experiencia de 20 años y los operadores que también cuentan con amplia experiencia de 12 años. Todos ellos están con pre disposición de aprender y apoyar en la implementación del RCM.

En la siguiente tabla se muestra las funciones del grupo de trabajo:

Tabla 13. Funciones del equipo de trabajo

CARGO	FUNCIONES
Asesor externo (FACILITADOR)	<ul style="list-style-type: none">• Asegurar que las reuniones de trabajo sean conducidas de forma profesional y se lleven a cabo con fluidez y normalidad.• Asegurar la aplicación de la metodología.• Ayuda al equipo a obtener mejores resultados.• Motivar el trabajo en equipo.
Supervisor de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• Apoya en el análisis de criticidad.• Apoya en el análisis del AMEF• Cuida el cumplimiento del proceso.• Encargado de la elaboración del plan de mantenimiento.
Técnico Mecánico	<ul style="list-style-type: none">• Aportan ideas.• Encargado de recabar información de su área.

	<ul style="list-style-type: none"> • Encargado de analizar la información recabada. • Realizar el análisis de criticidad. • Realizar el análisis AMEF.
Técnico electricista	<ul style="list-style-type: none"> • Aportan ideas. • Encargado de recabar información de su área. • Encargado de analizar la información recabada. • Realizar el análisis de criticidad. • Realizar el análisis AMEF.
Supervisor de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el diagrama de procesos • Apoya en la elaboración del plan de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

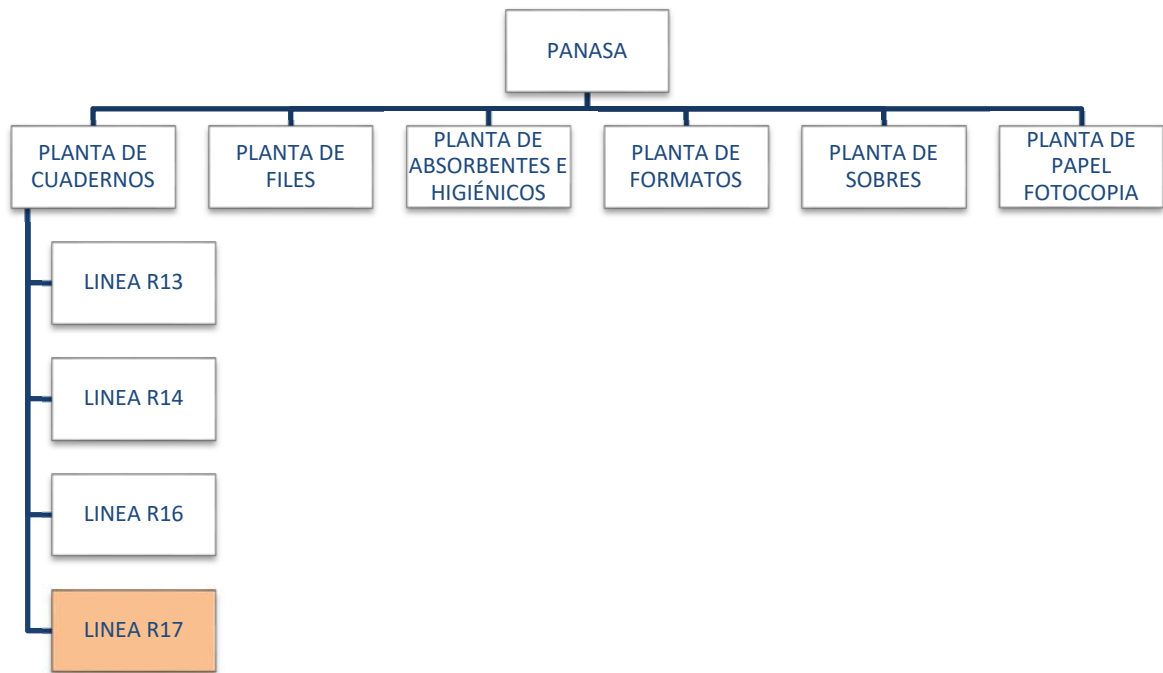
3.2.2 Fase 2: Selección del sistema y definición del contexto operacional

El sistema elegido para la implementación del RCM es la línea de producción de cuadernos R17, debido a que esta es la línea que tiene la menor disponibilidad de equipos (82.9%), por tanto, es la que nos genera mayores pérdidas económicas.

La producción en la línea R17 es en serie, esta inicia con el ingreso de la materia prima en bobinas de papel en el des bobinador. Luego pasa por el proceso de impresión, es aquí donde se imprime el papel blanco en ambas caras mediante rodillos impresores, en el proceso de corte se corta transversalmente el papel mediante cuchillas rotativas, en el proceso de engrapado se engrapa el papel impreso conjuntamente con la guarda y carátula en cantidades de 100 y 50 hojas, posteriormente pasa por el proceso de doblado y refileado, para luego terminar en el proceso de trozado de cuadernos y obtener el producto final.

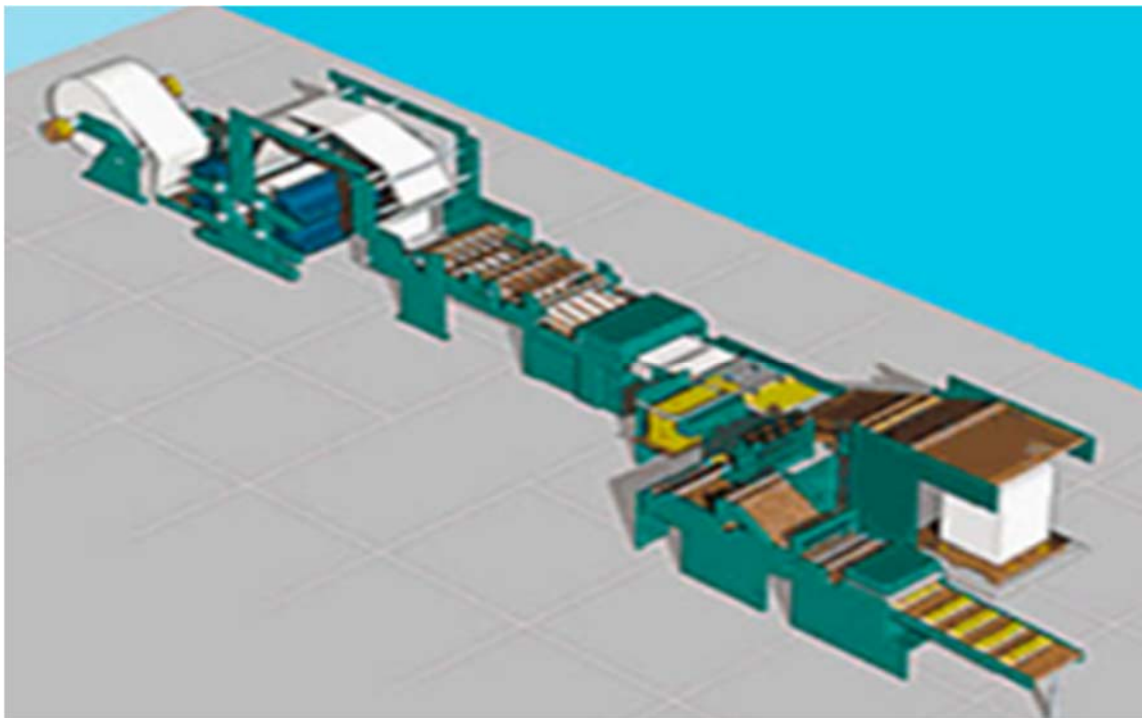
En la figura 34 se muestra la línea seleccionada para la implementación del RCM.

Figura 34: Diagrama de bloque Panasa



Fuente: La empresa

Figura 35: Layout de la línea R17



Fuente: La empresa

En la figura 35 se muestra la línea R17 que es materia de estudio, esta línea será analizada respecto a calidad, seguridad, medio ambiente costo, tiempo de reparación y frecuencia de fallas.

3.2.2.1 Inventario de equipos

Para realizar un análisis de los equipos hay que elaborar una lista ordenada. Nuestro inventario va a estar en forma de estructura arbórea, en cual se pueda ver la relación de dependencia de cada uno de los ítems, para lo cual utilizaremos los siguientes niveles:

Figura 36: Estructura arbórea



Fuente: García 2003: 8

La línea R17 de la planta de cuadernos, está conformada por los siguientes equipos:

Tabla 14: Lista de equipos

EMPRESA: Papelera Nacional

PLANTA: Cuadernos

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 Equipo	Nivel 3 Sistema	Nivel 4 Elementos	Nivel 5	Nivel 6
1. LINEA R17	1.1 CUERPO DESBOBINADOR	1.1.1 SISTEMA FRENO	1.1.1.1 CALLIPER		
			1.1.1.2 DISCO FRENO		
			1.1.1.3 TANQUE DE LIQUIDO DE FRENO		
			1.1.1.4 PISTON DE BOMBEO		
			1.1.1.5 CAÑERIA		

		1.1.2 SISTEMA HIDRAULICO	1.1.2.1 PISTON HIDRAULICO 1			
			1.1.2.2 PISTON HIDRAULICO 2			
			1.1.2.3 BOMBA HIDRAULICA			
			1.1.2.4 MANGUERAS HIDRAULICAS			
			1.1.2.5 CHUCKS			
		1.1.3 SISTEMA MECÁNICO	1.1.3.1 GUIAS DE CADENA			
			1.1.3.2 CADENA 08 B			
		1.1.4 SISTEMA TRANSFERENCIA	1.1.4.1 RODILLOS DE PASO	1.1.4.1.1 RODILLO DE PASO 1		
				1.1.4.1.2 RODILLO DE PASO 2		
				1.1.4.1.3 RODILLO DE PASO 3		
				1.1.4.1.4 RODILLO DE PASO 4		
				1.1.4.1.5 RODILLO DE PASO 5		
	1.1.4.1.6 RODILLO DE PASO 6					
	1.2 CUERPO IMPRESOR	1.2.1 SISTEMA BOMBEO	1.2.1.1 BOMBA DE TINTA 1			
			1.2.1.2 BOMBA DE TINTA 2			
			1.2.1.3 BOMBA DE TINTA 3			
			1.2.1.4 TANQUE DE TINTA 1			
			1.2.1.5 TANQUE DE TINTA 2			
			1.2.1.6 TANQUE DE TINTA 3			
			1.2.1.7 MANGUERAS DE TINTA			
		1.2.2 SISTEMA IMPRESOR	1.2.2.1 IMPRESOR 1	1.2.2.1.1 BANDEJA DE TINTA		
1.2.2.1.2 RODILLO TIMPANO						
1.2.2.1.3 RODILLO PORTA CIREL				RODILLO CORTE 30		
				RODILLO CORTE 37		
				RODILLO CORTE 41.5		
				RODILLO CORTE 42		
RODILLO CORTE 43						
1.2.2.1.4 RODILLO ANILOX						
1.2.2.1.5 RODILLO DE CAUCHO						
1.2.2.1.6 SOPORTE DE RODILLO IZQUIERO						
1.2.2.1.7 SOPORTE DE RODILLO DERECHO						
1.2.2.2 IMPRESOR 2			1.2.2.2.1 BANDEJA DE TINTA			
	1.2.2.2.2 RODILLO TIMPANO					
	1.2.2.2.3 RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30				
		RODILLO CORTE 37				
		RODILLO CORTE 41.5				

					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				RODILLO ANILOX	
				RODILLO DE CAUCHO	
			1.2.2.3 IMPRESOR 3	BANDEJA DE TINTA	
				RODILLO TIMPANO	
				RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30
					RODILLO CORTE 37
					RODILLO CORTE 41.5
					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				RODILLO ANILOX	
				RODILLO DE CAUCHO	
			1.2.2.3 IMPRESOR 4	BANDEJA DE TINTA	
				RODILLO TIMPANO	
				RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30
					RODILLO CORTE 37
					RODILLO CORTE 41.5
					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				RODILLO ANILOX	
				RODILLO DE CAUCHO	
			1.2.2.3 IMPRESOR 5	BANDEJA DE TINTA	
				RODILLO TIMPANO	
				RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30
					RODILLO CORTE 37
					RODILLO CORTE 41.5
					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				RODILLO ANILOX	
				RODILLO DE CAUCHO	
			1.2.2.3 IMPRESOR 6	BANDEJA DE TINTA	
				RODILLO TIMPANO	
				RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30
					RODILLO CORTE 37
					RODILLO CORTE 41.5
					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				RODILLO ANILOX	
				RODILLO DE CAUCHO	
			1.2.2.3 IMPRESOR 7	BANDEJA DE TINTA	
				RODILLO TIMPANO	
				RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30
					RODILLO CORTE 37

					RODILLO CORTE 41.5
					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				RODILLO ANILOX	
				RODILLO DE CAUCHO	
			1.2.2.3 IMPRESOR 8	1.2.2.3.1 BANDEJA DE TINTA	
				1.2.2.3.2 RODILLO TIMPANO	
				1.2.2.3.3 RODILLO PORTA CIREL	RODILLO CORTE 30
					RODILLO CORTE 37
					RODILLO CORTE 41.5
					RODILLO CORTE 42
					RODILLO CORTE 43
				1.2.2.3.4 RODILLO ANILOX	
				1.2.2.3.5 RODILLO DE CAUCHO	
		1.2.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1.2.3.1 PIÑON Z=75		
			1.2.3.2 PIÑON Z= 76		
		1.2.4 SISTEMA DE LUBRICACIÓN	1.2.4.1 BOMBA DE LUBRICACIÓN		
			1.2.4.2 CAÑERIAS		
	1.3 CUERPO CORTA PLIEGOS	1.3.1 SISTEMA CORTA PLIEGOS	1.3.1.1 CUCHILLA CORTA PLIEGOS		
			1.3.1.2 C/CUCHILLA CORTA PLIEGOS		
			1.3.1.3 RODILLO TIMPANO		
			1.3.1.4 RODILLO JALADOR		
			1.3.1.5 INDICADOR DE VELOCIDAD		
			1.3.1.6 SOPLADOR DE AIRE		
		1.3.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	1.3.2.1 FAJA VERDE 20MM		
			1.3.2.2 POLEAS GUIADORAS		
			1.3.2.3 BRAZOS SOPORTE DE POLEAS		
			1.3.2.4 PIÑONES DE TRANSMISIÓN		
			1.3.2.5 MOTOR PRINCIPAL		
	1.4 CUERPO DE CONTEO	1.4.1 SISTEMA DE CONTEO	1.4.1.1 POLINES		
			1.4.1.2 POLEAS GUIADORES DE FAJAS		
			1.4.1.3 BRAZOS JALADORES		
			1.4.1.4 BOMBA DE VACÍO		
	1.5 CUERPO TRANSPORTE	1.5.1 SISTEMA DE ARRASTRE	1.5.1.1 UÑAS DE ARRASTRE		
			1.5.1.2 CADENA DE ARRASTRE		
			1.5.1.3 PIÑONES DE CADENA		
			1.5.1.4 PLANCHAS		
			1.5.1.4 CARDAN		
	1.6 CUERPO ENGRAPADO	1.6.1 SISTEMA DE ENGRAPADO	1.6.1.1 CABEZALES DE ENGRAPADO		

			1.6.1.2 MOTORREDUCTOR	1.6.1.2.1 MOTOR ELECTRICO	
				1.6.1.2.2 REDUCTOR	
			1.6.1.3 POLEA DENTADA		
			1.6.1.4 FAJA DENTADA		
			1.6.1.5 PRENSA DE ENGRAPADO		
		1.6.2 SISTEMA DE EMBRAGUE	1.6.2.1 EMBRAGUE		
	1.7 CUERPO DE DOBLADO	1.7.1 SISTEMA DE DOBLADO	1.7.1.1 POLINES		
			1.7.1.2 FAJAS TRANSPORTADORAS		
	1.8 CUERPO LOMEADO	1.8.1 SISTEMA LOMEADOR	1.8.1.1 PRENSA		
			1.8.1.2 POLINES LOMEADORES		
			1.8.1.3 CARRO LOMEADOR		
	1.9 CUERPO REFILE	1.9.1 SISTEMA DE CORTE REFILE	1.9.1.1 CUERPO PORTA CUCHILLA DE REFILE		
			1.9.1.2 BRAZOS JALADORES		
			1.9.1.3 CUCHILLA DE REFILE		
			1.9.1.4 PRENSA		
			1.9.1.5 CONTRA CUCHILLA DE REFILE		
			1.9.1.6 EXTRACTOR DE REFILE		
			1.9.1.7 FAJA TRANSPORTADORA DE REFILE		
	2.0 CUERPO TROZADO	2.0.1 SISTEMA DE TROZADO	2.0.1.1 SOPORTES PORTA CUCHILLA DE TROZADO		
			2.0.1.2 CUCHILLA DE TROZADO		
2.0.1.3 EJE PRINCIPAL PORTA SOPORTES DE CUCHILLAS					
2.0.1.4 BRAZOS JALADORES					
2.1 CUERPO DE SALIDA	2.1.1 SISTEMA DE TRANSPORTE	2.1.1.1 MOTOREDUCTOR	2.1.1.1.1 MOTOR ELECTRICO		
			2.1.1.1.2 REDUCTOR		
		2.1.1.2 POLEAS GUIADORAS			
	2.1.2 SISTEMA HIDRAULICO	2.1.2.1 PISTONES HIDRAULICO	2.1.2.1.1 PISTON HIDRAULICO IZQUIERDO		
			2.1.2.1.2 PISTON HIDRAULICO DERECHO		
		2.1.2.2 CAÑERIAS HIDRAULICAS			
		2.1.2.3 BOMBA DE ACEITE MANUAL			

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2 Análisis de criticidad

No todos los equipos tienen la misma importancia en la línea de producción. Debido a que los recursos para el mantenimiento de los equipos son limitados, se debe destinar la mayor

parte de los recursos a los equipos más importantes. Por ello es necesario realizar el análisis de criticidad de los equipos de la línea de producción R17.

Analizaremos la criticidad de los equipos de la línea R17 de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 15: Análisis de criticidad

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRITICO	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 averías
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales)		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales)
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales)	Afecta 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 de mantenimiento
	Puede ocasionar un accidente grave pero las probabilidades son remotas)			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en producción	No afecta a la calidad	Bajo costo de mantenimiento

Fuente: García 2003: 25

Luego de haber hecho el análisis de criticidad de cada uno de los equipos de la línea R17 obtuvimos el siguiente resultado:

Tabla 16: Criticidad de los equipos

EMPRESA: Papelera Nacional

PLANTA: Cuadernos

LÍNEA	EQUIPO	CRITICIDAD
R17	Desbobinador	A
	Impresor	A
	Corta Pliego	A
	Contador	A
	Engrapado	A
	Refile	A
	Trozado	A

Elaboración: Propia

Como se puede observar en la tabla anterior, los equipos críticos que se identificó dentro de la línea cuadertera R17 son:

- Desbobinador P15-90
- Impresor P15-90
- Corta pliego P15-90
- Contador P15-90
- Engrapado P15-90
- Refile P15-90
- Trozado P15-90

Todos los equipos que componen la línea R17 son críticos, debido a que el tipo de producción es en serie, si falla algún equipo para toda la producción.

3.2.3 Fase 3: Funciones de los equipos

En esta fase se definirán las funciones de los activos y su estándar de funcionamiento esperado. Asimismo, se identificarán las fallas funcionales por cada equipo. Para ello se hará la siguiente pregunta, (que función cumple el equipo).

En la figura 37 se presentan los equipos y las funciones que cumple cada uno de ellos, mediante este análisis conoceremos los equipos más a fondo para analizar sus fallas funcionales.

Figura 37: Descripción de funciones de equipos

EMPRESA: Papelera Nacional

PLANTA: Cuadernos

#	Equipo	Función
1	Desbobinador	Sujetar, levantar y dar movimiento rotacional a la bobina de 1500 kg x 1100 mm de longitud
2	Impresor	Imprimir tira y retira de la hoja de papel en los 8 cuerpos a una velocidad de 200 m/ min
3	Corta Pliegos	Cortar los pliegos de papel 1100x 550mm Girar a una velocidad de corte de 200 m/min
4	Contador	Contar los pliegos en las cantidades que se requieren

5	Engrapado	Engrapado pliegos de 1100x500 8 c/u
6	Refile	Cortar longitudinalmente los pliegos 25/min
7	Trozado	Cortar transversalmente los pliegos 25/min

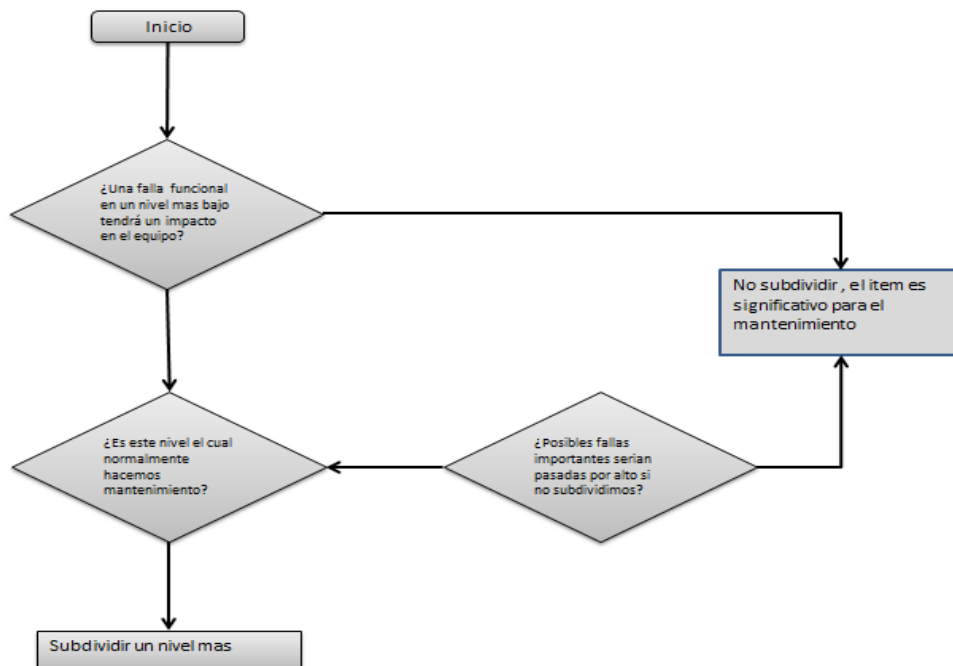
Fuente: La empresa

En la figura 37 se muestra las funciones principales que realiza cada equipo, esta información nos servirá de base para entender el proceso y conocer el funcionamiento de los equipos que componen la línea de cuadernos R17.

3.2.4 Fase 4: Fallas funcionales

La figura 36 nos muestra el análisis que se realiza en función del equipo y la falla, esto permite analizar el nivel de subdivisión de la maquinaria y los equipos de acuerdo al impacto que puede ocasionar la falla, esta información se ingresará al programa de mantenimiento o de lo contrario obviarlos.

Figura 38: Subdivisión de nivel de la falla



Fuente: Carlos Parra 2008

La tabla 18 muestra la función estándar de los equipos y su respectiva falla funcional, esto permitirá entender la funcionabilidad de los equipos y mantenerlos dentro de los estándares de funcionamiento para los cuales fueron diseñados.

Tabla 17: Fallas funcionales

EMPRESA: Papelera Nacional

PLANTA: Cuadernos

#	Equipo	Función	N°	Falla Funcional
1	Desbobinador	Sujetar, levantar y dar movimiento rotacional a la bobina de 1500 kg x 1100 mm de longitud	A	No ser Capaz de levantar la bobina
			B	No ser capaz de girar la bobina
2	Impresor	Imprimir tira y retira de la hoja de papel en los 8 cuerpos a una velocidad de 200 m/ min	A	No ser capaz de imprimir tira y retira en los 8 cuerpos
			B	No ser capaz de girar a la velocidad de 200 m/ min
3	Corta Pliegos	Cortar los pliegos de papel 1100x 550mm Girar a una velocidad de corte de 200 m/min	A	No ser capaz de cortar los pliegos de papel 1100 x 550 mm
			B	No ser capaz de girar a la velocidad de 200 m/ min
4	Contador	Contar los pliegos en las cantidades que se requieren	A	No ser Capaz de contar pliegos
			B	No ser capaz de trasladar pliegos
5	Engrapado	Engrapado pliegos de 1100x500 8 c/u	A	No ser capaz de engrapar pliegos 8 c/u
			B	No ser capaz de trasladar pliegos engrapados
6	Refile	Cortar longitudinalmente los pliegos 25/min	A	No ser capaz de cortar longitudinalmente pliegos 25/min
			B	No ser capaz de trasladar pliegos Refilados
7	Trozado	Cortar transversalmente los pliegos 25/min	A	No ser capaz de cortar transversalmente pliegos 25/min
			B	No ser capaz de trasladar cuadernos trozados

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18 muestra la función estándar de los equipos y su respectiva falla funcional, esto permitirá entender la funcionabilidad de los equipos y mantenerlos dentro de los estándares de funcionamiento para los cuales fueron diseñados.

3.2.5 Fase 5: Identificar causa de fallas (Modos de fallos)

La tabla 19 muestra el equipo que compone la línea de cuadernos R17, la función del equipo, la falla funcional y la pérdida de función del activo en su contexto operacional (modo de fallo). Asimismo, se puede ver que cada fallo funcional puede tener más de un modo de falla. En resumen, estamos identificando las causas que pueden afectar la funcionabilidad del equipo.

También, el modo de fallo responde a la pregunta ¿cuál es la causa de cada fallo? Las formas en que se puede producir un fallo se denomina Modos de Fallo. El siguiente paso siguiente en la implementación del R.C.M. es identificar los modos de fallo que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función.

De la enorme lista de modos de fallos registrados con la ayuda de operaciones, mantenimiento, manuales técnicos y personal de amplia experiencia involucrada con el proceso, solo se dará prioridad a los que tengan posibilidad de ocurrencia, generalmente estos modos de fallo ya tienen registro de haber ocurrido con anterioridad. Asimismo, se evalúa los fallos que no ocurrieron antes debido a la consecuencia que puede ocasionar desde el punto de vista operacional, seguridad y no operacional.

Tabla 18: Modos de fallo

EMPRESA: Papelera Nacional

PLANTA: Cuadernos

#	Equipo	Función	N°	Falla Funcional	#	Modo de Falla
1	Desbobinador	Sujetar, levantar y dar movimiento rotacional a la bobina de 1500 kg x 1100 mm de longitud	A	No ser Capaz de levantar la bobina de papel	1A1	Falla motor eléctrico de la bomba hidráulica recalienta
					1A2	Falla manguera hidráulica desgastada
					1A3	Falla pistón Hidráulico no levanta
					1A4	Falla válvula hidráulica 5/3 vías no acciona
					1A5	Falla garras de sujeción rotos
			B	No ser capaz de girar la bobina de papel	1B1	Falla motor eléctrico no arranca
					1B2	Falla rotura de fajas
					1B3	Falla la línea no tiene energía eléctrica
2	Impresor	Imprimir tira y retira de la hoja de papel en los 8 cuerpos a una velocidad de 200 m/ min	A	No ser capaz de imprimir tira y retira en los 8 cuerpos	2A1	Falla los soportes de rodillos están vibrando
					2A2	Falla botón de arranque no funciona
					2A3	Falla los rodillos están desgastados
					2A4	Falla se rompieron los dientes de piñones de nylon
					2A5	Falla fuga por pistones neumáticos
			B	No ser capaz de girar a la velocidad de 200 m/ min	2B1	Falla motor eléctrico no sube la velocidad
					2B2	Falla rodillos jaladores desgastados
					2B3	Falla por bujes desgastados
				2B4	Falla por cirel desgastado	
3	Corta Pliegos	Cortar los pliegos de papel 1100x 550mm Girar a una velocidad de corte de 200 m/min	A	No ser capaz de cortar los pliegos de papel 1100 x 550 mm	3A1	Falla por rotura de diente de piñón transmisión
					3A2	Falla la cuchilla no tiene filo
					3A3	Falla por falta de filo en la contra cuchilla
					3A4	Falla se activó el relé térmico

					3A5	Falla cuchilla presenta dientes
					3A6	Falla cuchilla rajada
			B	No ser capaz de girar a la velocidad de 200 m/ min	3B1	Falla motor eléctrico no sube la velocidad
					3B2	Falla Piñón de transmisión tiene un diente roto
					3B3	Falla el cardán presenta desgaste
					3B4	Falla la bomba de lubricación no envía aceite
					3B5	Falla rotura de faja dentada 1700 H
					3B6	Falla fajas verdes de transmisión rota
4	CONTADOR	Contar pliegos a 200 m/min Trasladar pliegos contados	A	No ser Capaz de contar pliegos de papel	4A1	Falla No hay suministro de aire
					4A2	Falla desgaste de piñones de conteo
					4A3	Falla desgaste en los emparejadores
					4A4	Falla Sale humo del Tablero eléctrico
					4A5	Falla las uñas de arrastre tienen desgaste
					4A6	Falla desgaste fajas verdes 20mm
			B	No ser capaz de trasladar pliegos de papel	4B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm
					4B2	Falla desgaste poleas y polines de fajas verdes
					4B3	Falla por rotura de faja verde
					4B4	Falla por rotura de rótula
					4B5	Falla por rotura de cadenas 1/2 BS
					4B6	Falla por rotura de piñones de cadena 1/2 BS
Engrapado	Engrapado pliegos de 1100x500 8 c/u	A	No ser capaz de engrapar pliegos 8 c/u	5A1	Falla por rotura de guía de alambre del cabezal	
				5A2	Falla embrague no arrastra	
				5A3	Falla cabezal no engrapa	
				5A4	Falla sensor de grapas doblado	
				5A5	Falla rotura de uñas de cabezal de grapas	

5					5A6	Falla freno Kendrion no activa		
					5A7	Falla rotura de uñas de arrastre		
					B	No ser capaz de trasladar pliegos engrapados	5B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm
							5B2	Falla desgaste uñas de traslado
							5B3	Falla eje de transmisión doblado
							5B4	Falla fajas verdes resbalan
							5B5	Falla Rótula desgastada
6	Refile	Cortar longitudinalmente los pliegos 25/min	A	No ser capaz de cortar longitudinalmente pliegos 25/min	6A1	Falla por desgaste de guía de nylon		
					6A2	Falla la cuchilla no tiene filo		
					6A3	Falla por falta de filo en la contra cuchilla		
					6A4	Falla sistema de extracción de refile		
					6A5	Falla desgaste de topes		
					6A6	Falla por desgaste de rótulas de accionamiento		
			B	No ser capaz de trasladar pliegos Refilados	6B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm		
					6B2	Falla rotura de poleas de fajas verdes		
					6B3	Falla por desgaste de ejes de transmisión		
					6B4	Falla por rotura de diente piñón transmisión		
					6B5	Falla por rotura de cadenas 1/2 BS		
7	Trozado	Cortar transversalmente los pliegos 25/min	A	No ser capaz de cortar transversalmente pliegos 25/min	7A1	Falla por desgaste soportes de cuchillas		
					7A2	Falla por desgaste de eje soporte de bases de cuchillas		
					7A3	Falla por falta de filo en la contra cuchilla		
					7A4	Falla por desgaste de cuchilla		
					7A5	Falla sistema de extracción de refile		
					7A6	Falla por desgaste de pernos de fijación		
					7A7	Falla por rotura de resortes de presión		

					7B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm
					7B2	Falla por rotura de ejes porta poleas
			B	No ser capaz de trasladar cuadernos trozados	7B3	Falla por rotura de poleas de fajas verdes
					7B4	Falla por rotura de cadenas 1/2 BS
					7B5	Falla por rotura de cruceta de cardán

Elaboración: Propia

3.2.6 Fase 6: Efectos de las fallas

En la tabla 20 se registra el equipo, la función del equipo, las fallas funcionales, los posibles modos de fallo y sus respectivos efectos. El efecto de las fallas nos indique el problema que se ocasiona a consecuencia de un modo de fallo, esto por lo general puede detener la funcionalidad del equipo de forma permanente o parcial. Asimismo, proporcionará una base para decidir si merece la pena realizar el MP y nos ayuda a priorizar las tareas e identificar los equipos que causan mayor impacto y los cuales deben ser llevados a un plan de mantenimiento con frecuencias reducidas o prever un equipo de respaldo si fuera posible. Para determinar el efecto de fallo se hace la pregunta ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?, mediante la solución a la pregunta se va adicionando en los cuadros, claramente que esta información es proporcionada por el grupo disciplinario conformado para la implementación del RCM. En lo general consta de personas del área de operaciones que están involucradas directamente con el proceso y también con personal de mantenimiento que solucionan los problemas correctivos del día a día.

Cada modo de fallo lleva un código que relaciona al equipo, a la falla funcional y al modo de fallo.

- El primer número se refiere al equipo
- La letra central se refiere a la falla funcional
- El último número indica el modo de falla

Por ejemplo:

Código 1A1

1: Desbobinador

A: No ser capaz de levantar la bobina

1: Falla motor eléctrico de la bomba Hidráulica

Tabla 19: Efectos de las fallas

EMPRESA: Papelera Nacional

PLANTA: Cuadernos

#	Equipo	Función	N°	Falla Funcional	#	Modo de Falla (causas)	Efecto de fallos
1	Desbobinador	Sujetar, levantar y dar movimiento rotacional a la bobina de 1500 kg x 1100 mm de longitud	A	No ser Capaz de levantar la bobina	1A1	Falla motor eléctrico de bomba hidráulica no funciona	No se lubrica el sistema de transmisión, se detiene la línea
					1A2	Falla manguera hidráulica rota	fuga de aceite, el pistón no levanta la bobina
					1A3	Falla pistón Hidráulico no levanta	La bobina se baja paulatinamente
					1A4	Falla válvula hidráulica 5/3 vías no acciona	La bobina se baja paulatinamente
					1A5	Falla garras de sujeción rotos	La bobina resbala y el papel no se tiempla
			B	No ser capaz de girar la bobina	1B1	Falla motor eléctrico no arranca	Sobrecalentamiento del motor, detiene el proceso
					1B2	Falla rotura de fajas	Motor no transmite el movimiento, detiene el proceso
					1B3	Falla la línea no tiene energía eléctrica	No arranca el motor eléctrico principal
2	Impresor	Imprimir tira y retira de la hoja de papel en los 8 cuerpos a una velocidad de 200 m/ min	A	No ser capaz de imprimir tira y retira en los 8 cuerpos	2A1	Falla los soportes de rodillos están vibrando	Impresión defectuosa, detiene el proceso
					2A2	Falla botón de arranque no funciona	No se mueve los rodillos de impresión
					2A3	Falla los rodillos están desgastados	Desigualdad en la impresión, detiene el proceso
					2A4	Falla se rompieron los dientes de piñones de nylon	Se detienen los rodillos impresores, puede doblar el eje de rodillos
					2A5	Falla fuga por pistones neumáticos	Excesivo ruido, pérdida de presión
			B	No ser capaz de girar a la velocidad de 200 m/ min	2B1	Falla motor eléctrico no sube la velocidad	Se baja la velocidad progresivamente
					2B2	Falla rodillos jaladores desgastados	El papel se cuelga
					2B3	Falla por bujes desgastados	Vibración de los rodillos impresores

					2B4	Falla por cirel desgastado	Baja calidad de impresión
3	Corta Pliegos	Cortar los pliegos de papel 1100x 550mm Girar a una velocidad de corte de 200 m/min	A	No ser capaz de cortar los pliegos de papel 1100 x 550 mm	3A1	Falla por rotura de diente de piñón transmisión	Se detienen los soportes de cuchilla cortapliego, detiene la línea
					3A2	Falla la cuchilla no tiene filo	No corta el papel y deja rebarba
					3A3	Falla por falta de filo en la contra cuchilla	No corta el papel y deja rebarba
					3A4	Falla se activó el relé térmico	Se detiene el motor principal, detiene la línea
					3A5	Falla cuchilla presenta dientes	No corta el papel y deja rebarba
					3A6	Falla cuchilla rajada	No corta el papel, detiene el proceso
			B	No ser capaz de girar a la velocidad de 200 m/ min	3B1	Falla motor eléctrico no sube la velocidad	Se baja la velocidad progresivamente
					3B2	Falla Piñón de transmisión tiene un diente roto	Se baja la velocidad a 50%, vibración
					3B3	Falla el cardán presenta desgaste	Des sincronización del sistema
					3B4	Falla la bomba de lubricación no envía aceite	No se lubrica el sistema de transmisión, se detiene la línea
					3B5	Falla rotura de faja dentada 1700 H	No transmite movimiento a los rodillos jaladores, se detiene el proceso
					3B6	Falla fajas verdes de transmisión rota	No se traslada los pliegos, atoro
4	CONTADOR	Contar pliegos a 200 m/min Trasladar pliegos contados	A	No ser Capaz de contar pliegos	4A1	Falla No hay suministro de aire	Los pliegos se acumulan y se atraca el papel
					4A2	Falla desgaste de piñones de conteo	Excesivo ruido
					4A3	Falla desgaste en los emparejadores	No empareja bien, se atraca el papel
					4A4	Falla Sale humo del Tablero eléctrico	Se queda sin energía eléctrica la línea
					4A5	Falla las uñas de arrastre tienen desgaste	No traslada los pliegos de forma pareja
					4A6	Falla desgaste fajas verdes 20mm	No traslada los pliegos de forma pareja se atraca el papel
			B	No ser capaz de trasladar pliegos	4B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm	No traslada los pliegos de forma pareja se atraca el papel
					4B2	Falla desgaste poleas y polines de fajas verdes	No traslada los pliegos de forma pareja se atraca el papel
					4B3	Falla por rotura de faja verde	No traslada los pliegos, detiene el proceso

					4B4	Falla por rotura de rótula	No retira los pliegos contados
					4B5	Falla por rotura de cadenas 1/2 BS	Atoro en la transmisión, detiene el proceso
					4B6	Falla por rotura de piñones de cadena 1/2 BS	Atoro en la transmisión, detiene el proceso
5	Engrapado	Engrapado pliegos de 1100x500 8 c/u	A	No ser capaz de engrapar pliegos 8 c/u	5A1	Falla por rotura de guía de alambre del cabezal	No engrapa el pliego
					5A2	Falla embrague no arrastra	No Engrapa de forma sincronizada
					5A3	Falla cabezal no engrapa	El pliego sale sin grapas, detiene el proceso
					5A4	Falla sensor de grapas doblado	No detecta si falta grapas, detiene el proceso
					5A5	Falla rotura de uñas de cabezal de grapas	No engrapa los pliegos
					5A6	Falla freno Kendrion no activa	No se mueve el sistema de engrapado, detiene el proceso
					5A7	Falla rotura de uñas de arrastre	Atoro de pliegos
		B	No ser capaz de trasladar pliegos engrapados	5B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm	No traslada los pliegos de forma pareja se atraca el papel	
				5B2	Falla desgaste uñas de traslado	Atoro de pliegos	
				5B3	Falla eje de transmisión doblado	Muerde los pliegos de papel	
				5B4	Falla fajas verdes resbalan	No traslada los pliegos de papel	
				5B5	Falla Rótula desgastada	No traslada los pliegos de papel	
		6	Refile	Cortar longitudinalmente los pliegos 25/min	A	No ser capaz de cortar longitudinalmente pliegos 25/min	6A1
6A2	Falla la cuchilla no tiene filo						No corta el papel y deja rebarba
6A3	Falla por falta de filo en la contra cuchilla						No corta el papel y deja rebarba
6A4	Falla sistema de extracción de refile						Se atora los cuadernos, parar la máquina y limpiar 15 min
6A5	Falla desgaste de topes						No corta parejo los pliegos
6A6	Fala por desgaste de rótulas de accionamiento						Deja rebarba al momento del corte
B	No ser capaz de trasladar pliegos Refilados			6B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm	No traslada los pliegos de forma pareja se atraca el papel	
				6B2	Falla rotura de poleas de fajas verdes	Se atora los pliegos engrapados	

					6B3	Falla por desgaste de ejes de transmisión	No corta los pliegos engrapados
					6B4	Falla por rotura de diente piñón transmisión	No corta los pliegos engrapados
					6B5	Falla por rotura de cadenas 1/2 BS	No se mueve el sistema de corte
7	Trozado	Cortar transversalmente los pliegos 25/min	A	No ser capaz de cortar transversalmente pliegos 25/min	7A1	Falla por desgaste soportes de cuchillas	Corte disperejo de los pliegos engrapados
					7A2	Falla por desgaste de eje soporte de bases de cuchillas	Corte con rebarba
					7A3	Falla por falta de filo en la contra cuchilla	No corta los pliegos engrapados
					7A4	Falla desgaste de cuchilla	No corta los pliegos engrapados
					7A5	Falla sistema de extracción de refil	Se atora los cuadernos
					7A6	Falla por desgaste de pernos de fijación	La cuchilla se mueve, no corta los pliegos
					7A7	Falla por rotura de resortes de presión	Corte disperejo de los pliegos engrapados
			B	No ser capaz de trasladar cuadernos trozados	7B1	Falla desgaste de fajas verdes 20mm	No traslada los pliegos de forma pareja se atraca el papel
					7B2	Falla por rotura de ejes porta poleas	Se atora los cuadernos
					7B3	Falla por rotura de poleas de fajas verdes	Se atora los cuadernos
					7B4	Falla por rotura de cadenas 1/2 BS	No transmite el movimiento al sistema
					7B5	Falla por rotura de cruceta de cardán	No transmite el movimiento al sistema

Fuente: Elaboración propia

3.2.7 Fase 7: Plan y programación del mantenimiento

En esta fase se describe el punto (I) el plan de mantenimiento tentativo, esto nos permitirá priorizar las actividades de mantenimiento, en el punto (II) los repuestos que se requieren para el mantenimiento de cada equipo, el punto (III) y el programa de mantenimiento, con frecuencias en cada actividad. A continuación, se describe cada uno de los puntos.

I. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se realizará de acuerdo al modo de fallo y la consecuencia que ocasiona, para ello usará el método de evaluación de multicriterio, para el desarrollo de este método en primer lugar se selecciona los factores, en segundo lugar, se ponderan los criterios, en tercer lugar, se establece el rating para cada alternativa. A continuación, se detalla cada uno de los pasos:

a) seleccionar los factores

- Seguridad y medio ambiente,
- Operación,
- No operacional

b) Ponderación de criterios.

La ponderación para cada criterio se aplica del 1-5 donde 1 representa el menor valor y 5 representa el mayor valor.

Afecta la producción = 4

Afecta el medio ambiente = 3

Afecta al personal = 5

Afecta a la máquina = 3

Afecta a la infraestructura = 2

c) Rating

Se establece el rating para cada alternativa en base a la escala de 1 - 6

Muy alta probabilidad de ocurrencia = 6

Alta probabilidad de ocurrencia = 5

Media probabilidad de ocurrencia = 4

Poca probabilidad de ocurrencia=3

Baja probabilidad de ocurrencia = 2

Muy baja probabilidad de ocurrencia = 1

Si el valor total se encuentra por encima de los 20 puntos la tarea será incluida en el mantenimiento preventivo (MP) y si está por debajo de los 20 puntos se incluirá en el mantenimiento correctivo (MC). Ver tabla 20.

Tabla 20: Efectos de las fallas

EMPRESA: Plan de mantenimiento

PLANTA: Cuadernos

Modo de fallo	Consecuencia	Valor 1-9	Peso 1-5	Total	Denominación de la Tarea	Responsable	Frecuencia	Clase
1A1	Seguridad y ambiente	0	1	0	Medir amperaje y voltaje del motor	Técnico electricista	Mensual	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	4	2	8				
Total				43				
1A2	Seguridad y ambiente	2	1	2	Inspección visual revisar estado de las mangueras	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	2	2	4				
Total				46				
1A3	Seguridad y ambiente	1	1	1	Limpieza e inspección Revisar fuga de aceite	Técnico mecánico	Semanal	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	5	2	10				
Total				51				
1A4	Seguridad y ambiente	1	1	1	Limpieza e inspección Revisar fuga de aceite Revisar palanca de acción	Técnico mecánico	Semanal	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	5	2	10				
Total				51				
1A5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Limpieza e inspección Revisar juego de garras	Técnico mecánico	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	3	3	9				
Total				54				
1B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Medir amperaje y voltaje del motor	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	3	4	12				
Total				57				
1B2	Seguridad y ambiente	2	1	2	inspección Visual	Operador	Diario	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	2	2	4				
Total				51				

1B3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar contactores Revisar cableado Revisar guarda motor	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	4	4	16				
Total				61				

2A1	Seguridad y ambiente	2	2	4	Lubricación, revisar pernos de amarre	Técnico mecánico	Semanal	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	2	6				
Total				50				

2A2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar estado de cableado. Revisar pulsadores	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	3	3	9				
Total				54				

2A3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar juego de los bujes Revisar superficie de rodillos	Operador	semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	5	3	15				
Total				60				

2A4	Seguridad y ambiente	3	3	9	Revisar desgaste de dientes de piñones de nylon	Operador	diario	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	3	3	9				
Total				63				

2A5	Seguridad y ambiente	4	5	20	Revisar fuga de aire Revisar conexiones neumáticas	Técnico mecánico	semanal	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	4	3	12				
Total				67				

2B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar cables eléctricos Revisar tacómetro	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	5	2	10				
Total				45				

2B2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de rodillos.	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	7	5	35				

	No operacional	4	3	12	Revisar y calibrar extremos de rodillos			
Total				47				

2B3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar y calibrar bujes. Revisar y calibrar extremos de rodillos	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	2	6				
Total				46				

2B4	Seguridad y ambiente	0	0	0	Inspección visual de cirel	Operador	Diario	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	2	2	4				
Total				39				

3A1	Seguridad y ambiente	3	3	9	Revisar desgaste de dientes de piñones de nylon	Operador	semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	4	4	16				
Total				70				

3A2	Seguridad y ambiente	3	3	9	Revisar filo de cuchilla	Operador	Diario	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	3	9				
Total				58				

3A3	Seguridad y ambiente	3	3	9	Afilar cuchilla de recambio	Operador	Diario	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	3	9				
Total				58				

3A4	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar contactores Revisar cableado Revisar guarda motor	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	5	4	20				
Total				65				

3A5	Seguridad y ambiente	3	3	9	Revisar filo de cuchilla	Operador	Diario	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	3	9				
Total				58				

3A6	Seguridad y ambiente	6	4	24	Revisar filo de cuchilla	Operador	Diario	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	3	9				
Total				73				

3B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar cables eléctricos Revisar tacómetro	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	2	6				
Total				46				

3B2	Seguridad y ambiente	3	4	12	Revisar desgaste de dientes de piñones de nylon	Operador	semanal	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	3	3	9				
Total				61				

3B3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de crucetas de cardanes verificar sincronismo	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	1	2	2				
Total				37				

3B4	Seguridad y ambiente	4	4	16	Revisar presión de bomba de aceite	Técnico mecánico	semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	3	3	9				
Total				70				

3B5	Seguridad y ambiente	0	1	0	Revisar desgaste de dientes Revisar desgaste de piñón	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	5	4	20				
Total				65				

3B6	Seguridad y ambiente	2	2	4	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	2	4	8				
Total				52				

4A1	Seguridad y ambiente	5	4	20	Revisar conexión de aire Revisar funcionamiento del compresor	Técnico mecánico	Diario	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	4	4	16				
Total				81				

4A2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de dientes de piñones de nylon	Operador	semanal	MP
	Operacional	6	5	30				
	No operacional	2	2	4				
Total				34				

4A3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar emparejadores	Técnico mecánico	Semestral	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	3	2	6				
Total				41				

4A4	Seguridad y ambiente	6	4	24	Revisar contactores Revisar cableado Revisar guarda motor	Técnico electricista	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	7	4	28				
Total				97				

4A5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar uñas Revisar cadenas	Técnico mecánico	Semestral	MP
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	4	2	8				
Total				33				

4A6	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	1	2	2				
Total				27				

4B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	1	2	2				
Total				27				

4B2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	1	2	2				
Total				27				

4B3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	2	2	4				
Total				29				

4B4	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar estado de rótulas Revisar estado de brazos	Técnico mecánico	semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	5	5	25				
Total				70				

4B5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar estado de cadenas. Revisar piñones de cadena	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	7	5	35				
Total				80				

4B6	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar estado de cadenas. Revisar piñones de cadena	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	7	5	35				
Total				80				

5A1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar guiador de alambre	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	5	3	15				
Total				50				

5A2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar embrague Reparar embrague retirado	Técnico mecánico	Trimestral	MC
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	2	5	10				
Total				55				

5A3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar cabezal Reparar cabezal retirado	Técnico mecánico	Trimestral	MC
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	1	2	2				
Total				27				

5A4	Seguridad y ambiente	2	2	4	Revisar sensor, limpieza	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	10	5	50				
	No operacional	5	2	10				
Total				64				

5A5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar uñas de cabezal	Técnico mecánico	Trimestral	MC
	Operacional	6	5	30				
	No operacional	1	2	2				
Total				32				

5A6	Seguridad y ambiente	0	0	0			Trimestral	MC
-----	----------------------	---	---	---	--	--	------------	----

	Operacional	9	5	45	Cambiar freno Reparar freno retirado	Técnico mecánico		
	No operacional	8	5	40				
Total				85				
5A7	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar uñas de arrastre Revisar cadenas	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	8	5	40				
Total				80				
5B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	4	4	16				
Total				51				
5B2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar uñas de arrastre Revisar cadenas	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	8	5	40				
Total				80				
5B3	Seguridad y ambiente	3	2	6	Revisar eje de transmisión Revisar bocinas	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	5	4	20				
Total				71				
5B4	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	5	5	25				
	No operacional	1	2	2				
Total				27				
5B5	Seguridad y ambiente	0	1	0	Revisar uñas de arrastre Revisar cadenas	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	4	5	20				
	No operacional	5	4	20				
Total				40				
6A1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar guías de nylon Revisar soporte de cuchilla	Técnico mecánico	Trimestral	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	4	3	12				
Total				52				
6A2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar Cuchilla de recambio	Operador	Semanal	MC
	Operacional	8	5	40				

	No operacional	8	4	32				
Total				72				

6A3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar Cuchilla de recambio	Operador	Semanal	MC
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	8	4	32				
Total				72				

6A4	Seguridad y ambiente	2	2	4	Revisar sistema eléctrico de motor de refil y	Técnico Electricista	Trimestral	MC
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	4	2	8				
Total				47				

6A5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar topes Revisar pernos de sujeción	Técnico mecánico	Trimestral	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	9	3	27				
Total				72				

6A6	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar motor de refil y sistema eléctrico	Técnico Electricista	Trimestral	MC
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	9	3	27				
Total				72				

6B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	6	3	18				
	No operacional	2	2	4				
Total				22				

6B2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar polea y cambiar fajas	Técnico mecánico	Trimestral	MP
	Operacional	5	4	20				
	No operacional	2	2	4				
Total				24				

6B3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar eje de transmisión	Técnico mecánico	Anual	MC
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	5	3	15				
Total				55				

6B4	Seguridad y ambiente	3	3	9	Cambiar piñón	Técnico mecánico	Semestral	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	7	3	21				

Total			70
-------	--	--	----

6B5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Lubricar cadena Templar cadena	Técnico Electricista	Trimestral	MP
	Operacional	8	5	40				
	No operacional	7	2	14				
Total				54				

7A1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Reparar soporte	Técnico mecánico	Anual	MC
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	8	4	32				
Total				77				

7A2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar y Lubricar eje	Operador	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	7	4	28				
Total				73				

7A3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Afilar cuchilla de recambio	Operador	Semanal	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	6	4	24				
Total				69				

7A4	Seguridad y ambiente	0	0	0	Afilar cuchilla de recambio	Operador	Semanal	MC
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	6	4	24				
Total				69				

7A5	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar de extractor	Técnico mecánico	Semanal	MC
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	9	4	36				
Total				81				

7A6	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar pernos de fijación	Técnico mecánico	Semanal	MC
	Operacional	7	4	28				
	No operacional	5	2	10				
Total				38				

7A7	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar resortes de presión	Técnico mecánico	Semestral	MC
	Operacional	6	4	24				
	No operacional	4	2	8				
Total				32				

7B1	Seguridad y ambiente	0	0	0	Revisar desgaste de fajas Revisar desgaste de poleas	Operador	semanal	MP
	Operacional	7	5	35				
	No operacional	1	2	2				
Total				37				
7B2	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambiar eje porta polea	Técnico mecánico	Anual	MC
	Operacional	6	5	30				
	No operacional	5	2	10				
Total				40				
7B3	Seguridad y ambiente	0	0	0	Cambia poleas Cambiar fajas verdes	Técnico mecánico	Anual	MP
	Operacional	6	5	30				
	No operacional	5	2	10				
Total				40				
7B4	Seguridad y ambiente	0	0	0	Lubricar cadena Templar cadena	Técnico Electricista	Trimestral	MP
	Operacional	6	5	30				
	No operacional	5	3	15				
Total				45				
7B5	Seguridad y ambiente	2	2	4	Revisar desgaste de crucetas de cardanes verificar sincronismo	Técnico mecánico	Mensual	MP
	Operacional	9	5	45				
	No operacional	8	4	32				
Total				81				

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 muestra el modo de fallo y el puntaje de consecuencia que ocasionan. Se hizo una ponderación para identificar las más significativas, estas pasan a un plan de mantenimiento preventivo (MP) con frecuencias y responsables. Las más significativas tienen frecuencias más cortas y las de menor significancia tienen frecuencias más largas – mantenimiento correctivo (MC). Las tareas identificadas pasarán al plan de mantenimiento anual.

II. Repuestos para el mantenimiento programado

Tabla 21: Lista de repuestos

		Lista de Repuestos					
Sistema	PN01-11-R17					Fecha:	
Responsable: J.TUPEZ							
ITEM	Descripción	Código SAP	Cantidad Actual	Cantidad Solicitada	Pedir	Observación	
1	FAJA TRANSM DENT 350H 100	007-016025	0	2	2		
2	FAJA SINCRONICA 1000 H 150	007-020364	0	4	4		
3	FAJA K-19 PACKWARE PT.: 2-BLKX-0019	012-005469	1	3	2		
4	FAJA TRANSM V B-40 17X1016	007-015586	0	3	3		
5	FAJA TRANSM BX 31	007-032683	1	2	1		
6	FAJA TRANSPORTADORA HAM-5P 20MM (TU-6)	007-015142	100	100	0		
7	FAJA/TEFLON DERECHO CON BROCHE 6" X 129'	007-015850	0	3	3		
8	FAJA/TEFLON IZQUIERDO CON BROCHE 6"X129'	007-015851	0	2	2		
9	FAJA TRANSM V 9.5 X 510	007-015853	1	2	1		
10	FAJA TRANSM V 9.5 X 600	007-033638	0	3	3		
11	FAJA SINCRONICA T 10/530/25	007-036364	0	5	5		
12	FAJA SINCRNIC T 10/1150/20	007-036365	2	4	2		
13	FAJA TRANSM V A56 - 13mm x 1422mm	007-002194	3	3	0		
14	FAJA TRANSPORTADORA HAM-5P 20MM (TU-6)	007-015142	50	50	0		
15	FAJA TRANSM V A86 - 13mm x 2185mm	007-015074	0	2	2		
16	FAJA PLANA DE SECCION CIRCULAR 2460X12mm	007-036456	0	2	2		
17	PEGAMENTO P/FAJA FIXOL	007-018857	1	1	0		
18	FAJA TRANSPORTADORA HAM-5P 20MM (TU-6)	007-015142	200	200	0		
19	FAJA TRANSM V M30 PACKWARE PT.: 660496	012-003686	1	1	0		
20	FAJA TRANSM V A57 - 13mm x 1498mm	007-005761	4	4	0		
21	CONTACTOR MAGNETICO 9A LC1-D09M7	007-015322	3	3	0		
22	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	1	1	0		
23	CONTACTOR MAGNETICO 9A LC1-D09M7	007-015322	1	1	0		
24	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	0	1	1		
25	CONTACTOR MAGNETICO 9A LC1-D09M7	007-015322	1	1	0		
26	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	0	1	1		
27	CONTACTOR MAGNETICO 9A LC1-D09M7	007-015322	0	1	1		
28	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	1	1	0		
29	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12F7 110V	007-021298	0	2	2		
30	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	0	1	1		
31	CONTACTOR 18A 220V 60 HZ LC1D18M7	007-017504	1	1	0		
32	CONTACTOR MAGNETICO 9A 220V LC1D09M7	007-039044	2	2	0		
33	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	0	1	1		
34	CONTACTOR MAGNETICO 12A LC1-D12M7	007-015212	1	1	0		
35	CONTACTOR MAGNETICO 9A LC1-D09M7	007-015322	0	1	1		

La tabla 21 muestra la lista de repuestos encontrados en el almacén de repuestos y las cantidades que se requieren para poder intervenir los equipos en las fechas estimadas según plan de mantenimiento anual. Asimismo, no se encontraron algunos repuestos, estas se solicitarán al área de compras para que se encuentren en almacén cuando lo podamos requerir.

III. Programa de mantenimiento anual

En la tabla 20 fueron identificadas las tareas con sus respectivas frecuencias y responsabilidades, en la tabla 22 se encuentra esta relación de actividades en un programa de mantenimiento anual, el cual servirá para hacer seguimiento y verificar el cumplimiento de las actividades. Asimismo, para cada actividad se contempla tener los repuestos y/o materiales en almacén para cuando se requieren.

En la tabla 23 se muestra los códigos de modo de falla, la descripción de la actividad, el responsable de ejecutar el trabajo y las frecuencias de ejecución, También, los colores indican las fechas de intervención por cada actividad, esto será de mucha utilidad para el seguimiento de los trabajos.

3.2.8 Indicadores

El control de la implementación se realizará mediante el seguimiento del cumplimiento de objetivos y metas. Asimismo, se analizará los resultados obtenidos. Para ello se realizará un cuadro con los indicadores de gestión basados en el cuadro integral del BSC. Los cuales contienen: perspectiva financiera, perspectiva del cliente, perspectiva interna del negocio, perspectiva de capacidad.

Los indicadores que se están proponiendo para el cuadro de control son:

- Utilidad neta
- Costo de mantenimiento correctivo
- Sobrecosto
- Disponibilidad por avería
- Cumplimiento del mantenimiento preventivo
- Mantenimiento programado
- Horas dedicadas a la formación

Tabla 23: Tablero de control

FINANZAS									
Objetivo Estratégico	Indicador	Fórmula	Unidad Medida	Frecuencia	Valor base	Valor Meta	SemafORIZACIÓN		
					2017	2019			
Incrementar los ingresos	Utilidad neta	Utilidad bruta – Gastos e Impuestos/ Ingresos Totales	Porcentaje	Anual	0 %	3 %	>= 3%	Entre 2% y 1%	< 1%
Reducir los costos de manteniendo correctivo	Costo Mantenimiento Correctivo	Costo total de mantenimiento correctivo / Costo total de mantenimiento	Porcentaje	Mensual	65 %	30 %	<= 30%	Entre 31% y 35%	>35%
Reducir el sobrecosto de mantenimiento	Sobrecosto	Costo real de mantenimiento / Costo presupuestado	Porcentaje	Anual	17 %	0 %	<= 0%	Entre 2% y 5%	>5%
CLIENTES									
Objetivo Estratégico	Indicador	Fórmula	Unidad Medida	Frecuencia	Valor base	Valor Meta	SemafORIZACIÓN		
					2017	2019			
Mejorar la disponibilidad de los equipos	Disponibilidad por avería	(Horas totales – Horas de parada por avería) / Horas totales	Porcentaje	Mensual	82.9 %	87 %	>= 87%	Entre 86% y 85%	< 85%
PROCESOS INTERNOS									
Objetivo Estratégico	Indicador	Fórmula	Unidad Medida	Frecuencia	Valor base	Valor Meta	SemafORIZACIÓN		
					2017	2019			
Incrementar el cumplimiento de los trabajos preventivos	Cumplimiento mantenimiento preventivo	ODT Mantenimiento preventivo ejecutadas / ODT Mantenimiento preventivo	Porcentaje	Mensual	60 %	90 %	>= 90%	Entre 89% y 80%	< 80%
Incrementar las horas invertidas en mantenimientos programados	Mantenimiento programado	Horas dedicadas a mantenimiento programado / Horas totales dedicadas a mantenimiento	Porcentaje	Mensual	45 %	80 %	>= 80%	Entre 79% y 70%	< 70%
APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO									
Objetivo Estratégico	Indicador	Fórmula	Unidad Medida	Frecuencia	Valor base	Valor Meta	SemafORIZACIÓN		
					2017	2019			
Mejorar las capacidades del personal de mantenimiento	Horas dedicadas a la formación	Horas dedicadas a formación / Horas Totales de mantenimiento	Porcentaje	Trimestral	3 %	25 %	>= 25%	Entre 24% y 18%	< 18%

Fuente: Elaboración propia

3.2.9 Costo total de la implementación

Como todos los proyectos de mejora, este tendrá un costo en su fase de desarrollo, implementación y finalmente sostenerlo en el tiempo.

3.2.9.1 Recursos necesarios

Para la implementación del RCM en la gestión de mantenimiento de los equipos de la planta de cuadernos de Papelera Nacional, será necesario capacitar al grupo de trabajo, la inversión en dicha capacitación se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 24: Costo de capacitación

INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN DE PERSONAL			
CANT.	PERSONAL	COSTO	
		IMPLEMENT.	REFUERZO
1	Supervisor de Mantenimiento	S/2,500.00	S/1,000.00
1	Supervisor de Producción	S/2,500.00	S/1,000.00
4	Técnico mecánico	S/10,000.00	S/4,000.00
4	Técnico electricista	S/10,000.00	S/4,000.00
Total, Costo		S/35,000.00	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior el costo total de la capacitación del equipo de trabajo será de 35,000.00 soles, la capacitación se desarrollará en las instalaciones de la empresa.

En la siguiente tabla se muestra los artículos necesarios para el desarrollo de las funciones de los integrantes del equipo de trabajo:

Tabla 25: Costo de artículos

INVERSIÓN ARTÍCULOS DE OFICINA		
CANT.	ARTÍCULO	COSTO
		IMPLEMENT.
4	Desktops	S/ 6,000.00
4	Escritorio	S/ 3,600.00
4	Silla de oficina	S/ 400.00
4	Útiles de oficina	S/ 5,550.00
Total, Costo		S/ 15,550.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior el costo total de los artículos es de 15,550.00 soles, se tiene la necesidad de adquirir dichos artículos, ya que no se cuenta con ellos.

Para el cumplimiento con las actividades de mantenimiento predictivo que fueron propuestas en el plan de mantenimiento se necesita contar con equipos de medición. En la siguiente tabla se muestra los equipos de medición y su costo de cada uno de ellos:

Tabla 26: Costo de equipos de medición

INVERSIÓN EQUIPOS DE MEDICIÓN		
CANT.	EQUIPO	COSTO
1	Pirómetro	S/ 3,500.00
1	Vibrometro	S/ 8,000.00
1	Estetoscopio	S/ 2,400.00
1	Pinza amperimétrica	S/ 3,000.00
1	Megóhmetro	S/ 6,000.00
Total, Costo		S/ 22,900.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior el costo total por la compra de los equipos de medición es de 22,900.00 soles.

Para la implementación del RCM se necesita contratar a dos personas, motivar al personal y adquirir repuestos. En la siguiente tabla se detalla los gastos adicionales:

Tabla 27: Otros costos

OTROS		
CANT.	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Motivación de personal	S/ 33,000.00
1	Asesoría externa	S/ 34,000.00
1	Inspector predictivo	S/ 113,400.00
1	Repuestos	S/ 175,000.00
Total, Costo		S/ 355,400.00

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se puede observar el costo total que nos generara la implementación del RCM:

Tabla 28: Costo total

COSTO TOTAL	
DESCRIPCIÓN	COSTO
Capacitación de personal	S/ 35,000.00
Artículos de oficina	S/ 15,550.00
Equipos de medición	S/ 22,900.00
Motivación de personal	S/ 33,000.00
Asesoría externa	S/ 34,000.00
Inspector predictivo	S/ 113,400.00
Repuestos	S/ 175,000.00
TOTAL	S/ 428,850.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, el costo total de la implementación del RCM será de 428,850.00 soles.

3.3 Consideraciones Para la Implementación

3.3.1 Gestión del cambio

Una de los factores más importantes dentro de la propuesta de mejora es el factor humano, ya que no es nada fácil lograr que los trabajadores se adapten a las nuevas obligaciones y acepten el cambio sin oponer resistencia. Todas las personas se resisten a los cambios y hay muchas razones que justifican dicho rechazo. La mayor causa al rechazo es el temor a lo desconocido, a perder el estatus que cada uno se ha creado en su sección, en su entorno de trabajo y en las actividades que lleva años desarrollando. Por esta razón es necesario implantar planes de incentivos para motivar a los trabajadores y así lograr que se involucren y comprometan con el proceso de mejora.

Para definir los incentivos es necesario diagnosticar la situación actual. Esto es el punto de partida y determina exactamente el cambio que se requiere, lo que se desea y la situación actual en la que se encuentra; el propósito básico del diagnóstico es llegar a una clara comprensión de la necesidad o del problema; considera la recopilación de datos y el análisis de los mismos, así como de las actividades y como éstas dependen de varios factores, como la naturaleza del problema o la necesidad interna o externa. El diagnóstico se puede realizar a través de una encuesta. En la siguiente figura se muestra un modelo de encuesta.

Figura 39: Modelo de encuesta

<p>Lea atentamente todas las preguntas, desde la A a la 33 y conteste en el cuadrado que se encuentra antes de las opciones de respuesta marcando con una X la opción que mejor le representa. Si quiere complementar con algún comentario su respuesta, está en toda libertad de hacerlo, recuerde que su encuesta es anónima y su opinión es MUY valiosa para nuestra organización.</p>		
N°	Pregunta	Respuesta
A	Indique el área funcional a la que pertenece:	XXX
		XXX
		XXX
		XXX
B	Indique si tiene personal a su cargo:	<i>Si</i>
		<i>No</i>
C	Indique el rango que corresponde al número de años que tiene en la organización	<i>hasta 2 años</i>
		<i>2 a 4 años</i>
		<i>más de 5 años</i>
D		<i>Si</i>

	Indique si participa directamente en el Sistema de Gestión de Calidad:	No
1	Quando usted les dice a sus amigos en que organización trabaja, se siente:	<i>No muy contento</i> <i>Le da lo mismo trabajar en ésta que en otras organizaciones</i> <i>Contento de trabajar en una de las mejores organizaciones</i> <i>Orgulloso de trabajar en la mejor organización</i>
2	En comparación con otras organizaciones que Ud. conoce, ¿Cómo trata la organización a los empleados?	<i>Casi todas las demás son mejores</i> <i>Esta en el promedio, ni por encima ni por debajo de la mayoría</i> <i>Da un mejor trato que la mayoría</i> <i>Es la mejor de todas</i>
3	En relación a la Cultura organizacional (liderazgo, enseñar con el ejemplo, relación confianza-amistad, trabajo en equipo); se siente:	<i>Indiferente, no es de su interés</i> <i>Poco identificado, no se siente realmente comprometido</i> <i>Identificado mayormente</i> <i>Plenamente identificado y orgulloso de formar parte de ella</i>
4	Las Políticas, Planes y Objetivos de la organización o área funcional (Visión, Misión y Valores) a la cual pertenece, le son:	<i>Desconocidos</i> <i>Poco claros, no son explícitos ni están bien definidos</i> <i>Claros con algunas imprecisiones</i> <i>Totalmente claros y conocidos</i>
5	Respecto a las Políticas, Planes y Objetivos que conoce, incluyendo la Visión, Misión y Valores, usted siente que:	<i>No los comparte y discrepa del todo con ellos</i> <i>Discrepa de la mayoría, aunque comparte algunos</i> <i>Está de acuerdo, pero cree que algunos deberían cambiar</i> <i>Los comparte plenamente y comprende su razón de ser</i>
6	La forma en que se entera de Políticas, Planes y Objetivos que usted debiera conocer, para desarrollarse como trabajador es:	<i>Siempre por medios informales (rumores, compañeros)</i> <i>La mayoría de las veces por medios informales</i> <i>La mayoría de las veces por medios formales</i> <i>Siempre por medios formales de la organización</i>
7	Con respecto al rumbo que sigue la organización con la finalidad de cumplir con su misión, usted cree que su unidad de trabajo:	<i>No contribuye con la misión en ningún aspecto</i> <i>Su contribución es mínima en todo sentido</i> <i>Aunque aporta, su contribución podría ser mayor</i> <i>Su contribución es adecuada para lograr la misión</i>
8	¿Qué le parece su trabajo actual?	<i>Preferiría otro</i> <i>Lo acepto, ni me gusta ni me disgusta</i> <i>Me gusta, aunque preferiría enriquecerlo</i> <i>Me gusta mucho, siento que me plantea nuevos retos y desafíos</i>
9	De acuerdo a las responsabilidades del cargo desempeñado, y a las decisiones que usted cree que debería tomar, siente que:	<i>No posee la autonomía y autoridad mínimas.</i> <i>Posee cierto grado de autonomía y autoridad</i> <i>Cree que cuenta con autonomía y autoridad</i> <i>Cree que cuenta con la autonomía y autoridad necesarias</i>
10	El rol que usted cumple dentro de la organización (objetivos, responsabilidades y funciones), le es:	<i>Desconocido, hace lo que le ordenan</i> <i>Poco claro, no está bien definido</i>

		<i>Adecuadamente conocido, lo que falta definir es mínimo</i>
		<i>Plenamente conocido</i>
11	En relación a las funciones que desempeña en el cargo, cree que la capacidad y experiencia que posee son:	<i>Insuficientes para desempeñarlo</i>
		<i>Están por encima de lo que el cargo exige. Está sobrecalificado</i>
		<i>Están de acuerdo al cargo</i>
12	De acuerdo a la función que desempeña, ¿Qué opina de los ambientes de trabajo en los que desarrolla su gestión?	<i>Son inapropiados e insuficientes</i>
		<i>Aunque se cuenta con lo necesario, no son los más adecuados</i>
		<i>Hay algunas pequeñas cosas que mejorar</i>
		<i>Son excelentes, y de la mejor calidad</i>
13	De acuerdo a la función que desempeña, ¿Qué opina de los equipos con los que desarrolla su gestión?	<i>Son inapropiados e insuficientes</i>
		<i>Aunque se cuenta con lo necesario, no es lo más adecuado</i>
		<i>Están bastante bien, pero hay algunas pequeñas cosas que mejorar</i>
		<i>Son excelentes, se cuenta con todo lo necesario y de la mejor calidad</i>
14	De acuerdo a la remuneración que recibe y a los beneficios adicionales que la organización otorga a sus empleados, piensa que:	<i>No son suficientes, son casi nada</i>
		<i>No le parecen nada extraordinario</i>
		<i>Son importantes como apoyo para el trabajador y la familia</i>
		<i>Contribuyen al bienestar del trabajador y su familia</i>
15	Comparada con otras organizaciones del sector público, cree usted que la remuneración y los beneficios otorgados por su organización son:	<i>Menores a los de otras organizaciones</i>
		<i>Como en la mayoría de las organizaciones</i>
		<i>Mejores que en la mayoría de las organizaciones</i>
		<i>Los mejores que se dan en el mercado</i>
16	Las relaciones que usted mantiene con sus pares (personal de similar nivel jerárquico en la organización) son:	<i>Meramente formales</i>
		<i>Lo formal frena canales informales valiosos</i>
		<i>Lo formal se equilibra con lo informal, adecuadamente</i>
17	Las relaciones de cooperación entre los miembros de su área funcional, necesarias para el cumplimiento de su rol son:	<i>Nulas, no existe cooperación entre ellos</i>
		<i>Casuales, sólo cooperan en algunos aspectos y cuando se llevan bien</i>
		<i>Buenas, pero existen algunas fricciones de vez en cuando</i>
		<i>Excelentes, amplía cooperación y solucionan problemas con compañerismo</i>
18	Al momento de seleccionar personal, con respecto a la capacidad (conocimiento, aptitud y habilidad) para desarrollar el trabajo, usted opina:	<i>Las selecciones no son nunca consecuencia de las personas</i>
		<i>Algunas veces la aptitud se toma en cuenta para las promociones</i>
		<i>La mayoría de las veces la capacidad se toma en cuenta para la selección</i>
		<i>La capacidad siempre es el factor principal al evaluar las selecciones</i>
19	Si considera la complejidad de los trabajos o proyectos que se le asignan y la capacitación que recibe, usted opina que:	<i>No se asignan nuevos trabajos y no se capacita</i>
		<i>Se le asignan trabajos cada vez más complejos sin la capacitación necesaria</i>

		<i>La capacitación que recibe no es aprovechada con trabajos de mayor complejidad</i>
		<i>La capacitación y los trabajos se orientan a desempeñar funciones más complejas</i>
20	Con respecto a su nivel de involucramiento en un proceso de mejoramiento continuo, usted:	<i>Sólo cumple con lo que se le ordena, pero sin convencimiento</i>
		<i>No se siente realmente involucrado, pero tampoco reacio al proceso</i>
		<i>Se siente involucrado y parte de él</i>
21	Respecto a la evaluación y reconocimiento por su participación en el proceso de mejora continua, opina que:	<i>No existe, no se lleva a cabo</i>
		<i>Sólo se da a veces, pero no se toma en cuenta para el desarrollo profesional</i>
		<i>Se lleva a cabo consistentemente y es importante para la evaluación profesional</i>
22	Qué nivel de importancia le asigna a un proceso de mejoramiento continuo para hacer más competitiva a la organización:	<i>No es importante</i>
		<i>Sólo es importante en algunas áreas de la organización</i>
		<i>Es de gran importancia para la organización</i>
23	Se debe implementar un sistema de calidad en la organización	<i>No, no aporta nada</i>
		<i>Me es indiferente</i>
		<i>Sí, es una importante herramienta de gestión</i>
24	¿Qué opina de las observaciones y/o sugerencias que le da su superior sobre los trabajos y proyectos que usted realiza?	<i>Sólo le comunica su opinión cuando observa algo negativo en su trabajo</i>
		<i>Algunas veces le comunica su opinión, así sea positiva o negativa</i>
		<i>La mayoría de las veces le comunica su opinión</i>
		<i>Siempre le comunica su opinión y acuerdan pautas de mejora</i>
25	¿Qué opina acerca de la forma en que su superior reconoce los trabajos y proyectos que usted realiza?	<i>Nunca que lo amerita ha sido reconocido</i>
		<i>Pocas veces que lo amerita ha sido reconocido</i>
		<i>La mayoría de las veces que lo amerita ha sido reconocido</i>
		<i>Siempre que lo amerita ha sido reconocido</i>
26	Con relación a las decisiones que afectan a su área y sobre las cuales cree usted que su opinión puede ser de utilidad, piensa que:	<i>Su superior decide sin tomar en cuenta su opinión, o usted no las dice por miedo</i>
		<i>Su superior toma decisiones arbitrarias, pocas veces toma en cuenta su opinión</i>
		<i>La mayoría de las veces su superior tiene en cuenta su opinión</i>
		<i>Su superior siempre valora su opinión y lo hace participe de la gestión de su área</i>
27	¿Cuál es el interés de su superior respecto al mejoramiento de su desempeño a través de la capacitación?	<i>Se muestra reacio, cree que es una pérdida de tiempo</i>
		<i>No se preocupa, la iniciativa tiene que partir de nosotros</i>
		<i>Permanentemente se interesa de nuestra actualización y perfeccionamiento</i>
28	Con respecto a la capacidad de su superior inmediato para desarrollar las funciones de su cargo, cree usted que:	<i>No tiene condiciones para el cargo</i>
		<i>Le faltan algunas condiciones para el cargo</i>
		<i>Esta bastante calificado para el cargo</i>

	<i>Tiene gran competencia, incluso para desempeñarse en un nivel jerárquico superior</i>
--	--

29	Cuando su superior evalúa el avance de los trabajos y proyectos, y él mismo está retrasado o fuera de presupuesto:	<i>La actitud de su superior es buscar culpables</i>
		<i>Su superior busca conseguir recursos antes de analizar las causas del problema</i>
		<i>Aunque él busca analizar las causas no se acuerdan las acciones correctivas</i>
		<i>Su actitud es analizar las causas de fondo y acordar acciones preventivas</i>

Responder las siguientes preguntas (30,31,32 y 33), sólo si tiene personal a su cargo:

30	Con relación a la capacidad para realizar los trabajos y proyectos asignados, usted piensa que el personal que dirige:	<i>Ninguno cuenta con la capacidad necesaria para realizarlos</i>
		<i>Hay entre ellos muchas deficiencias por superar</i>
		<i>Sólo necesitan mejorar en algunos aspectos</i>
		<i>Todos cuentan con la capacidad necesaria para realizarlos</i>

31	Las relaciones de cooperación entre el personal que dirige, necesarias para el logro de los objetivos de su unidad son:	<i>Nulas, no existe cooperación entre ellos se llevan bien</i>
		<i>Casuales, sólo cooperan en algunos aspectos y cuando</i>
		<i>Buenas, pero existen algunas fricciones de vez en cuando</i>
		<i>Excelentes, amplia cooperación y solucionan problemas con compañerismo</i>

32	Con relación a la iniciativa del personal que dirige, opina que:	<i>No poseen iniciativa, cumplen sólo lo ordenado</i>
		<i>Las iniciativas son poco frecuentes</i>
		<i>Permanentemente se presentan iniciativas</i>

33	En cuanto a la responsabilidad, que le compete al personal que dirige en el cumplimiento de trabajos, proyectos y normas, usted opina que:	<i>Siempre hay incumplimientos</i>
		<i>Frecuentemente se no cumple con lo establecido</i>
		<i>Son pocas las veces que no cumplen</i>
		<i>Permanentemente demuestran responsabilidad en el cumplimiento</i>

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la encuesta se tiene que analizar los resultados para identificar la resistencia. Es importante saber dónde hay posibilidades de que surja resistencia como parte del manejo de un cambio planificado. En esta etapa, se tiene que ver con la posición de la organización, implica quien se verá afectado por el cambio y como lo va a considerar con la intención de diseñar y crear las condiciones de aceptación del problema y la solución de las mismas.

Teniendo identificado la resistencia se desarrolla las estrategias de motivación. Esto consiste en la ejecución específica del cambio planificado, el propósito primordial de esta parte es asegurar una respuesta efectiva de la organización ante la necesidad o problemas.

A continuación se presenta algunas estrategias de motivación que se pueden aplicar para nuestro caso.

Establecimiento de metas

Se debe de establecer metas para conseguir los resultados deseados y hacia los trabajadores puedan dirigir sus esfuerzos con la finalidad de poder alcanzarlos. Las metas brindan retos y estándares contra los cuales se puede evaluar el desempeño individual, departamental o de la organización. El establecimiento de metas motiva a los individuos a lograr un alto desempeño por varias razones. Primero, metas difíciles pero alcanzables, impulsan al personal a concentrarse en el logro de las metas. Segundo las metas difíciles motivan a los empleados a dedicar mucho tiempo y esfuerzo a desarrollar métodos para alcanzarlas. Tercero, las metas difíciles incrementa la persistencia de la gente para tratar de alcanzarlas.

Capacitación

Uno de los factores a tener en cuenta es, que dentro del área de mantenimiento plante se adolece de las capacitaciones técnicas, por esta razón existen trabajadores que se sienten incómodos. Por lo tanto se tienen que desarrollar un plan de capacitación anual para el personal de mantenimiento con la finalidad de mejorar sus conocimientos, habilidades técnicas y principalmente motivarlos a desarrollar nuevas actividades.

Mejora de la calidad de la alimentación

Una de la forma de motivar al personal del área de mantenimiento sería mejorando su alimentación, ya que se tiene referencia de que mucho de los trabajadores se queja de la calidad de los alimentos.

Elección de días libres y vacaciones

Esta medida puede ser muy positiva para facilitar la conciliación familiar y laboral al posibilitar por ejemplo que los empleados que tengan hijos puedan seleccionar días de vacaciones coincidiendo con las vacaciones escolares de navidad, semana santa o verano. Establecer un equilibrio entre el trabajo y el ocio es esencial para crear un ambiente laboral positivo.

Reconocer los logros

Reconocer cuando alguien realiza un buen trabajo no cuesta nada y puede significar mucho. Hará que el trabajador sienta que su esfuerzo merece la pena, que es parte importante de la empresa y servirá para que continúe trabajando para ayudar al éxito de la compañía.

Buen ambiente

Es importante que se dé un clima de colaboración y confianza en el trabajo. Por ello, hay que cuidar el ambiente y fomentar la relajación. Se debe ser amable con todo el mundo. Si hay que recriminar a un empleado se debe hacer en privado y, si hay que reconocer su labor, mejor en público.

Parte de la empresa

Incrementar el sentimiento de pertenencia a la compañía favorece el buen clima laboral, fomenta la productividad y la consecución de objetivos. El hecho de que los empleados conozcan todos los productos, facetas, etc. de la empresa conlleva que sientan mayor vinculación con la compañía.

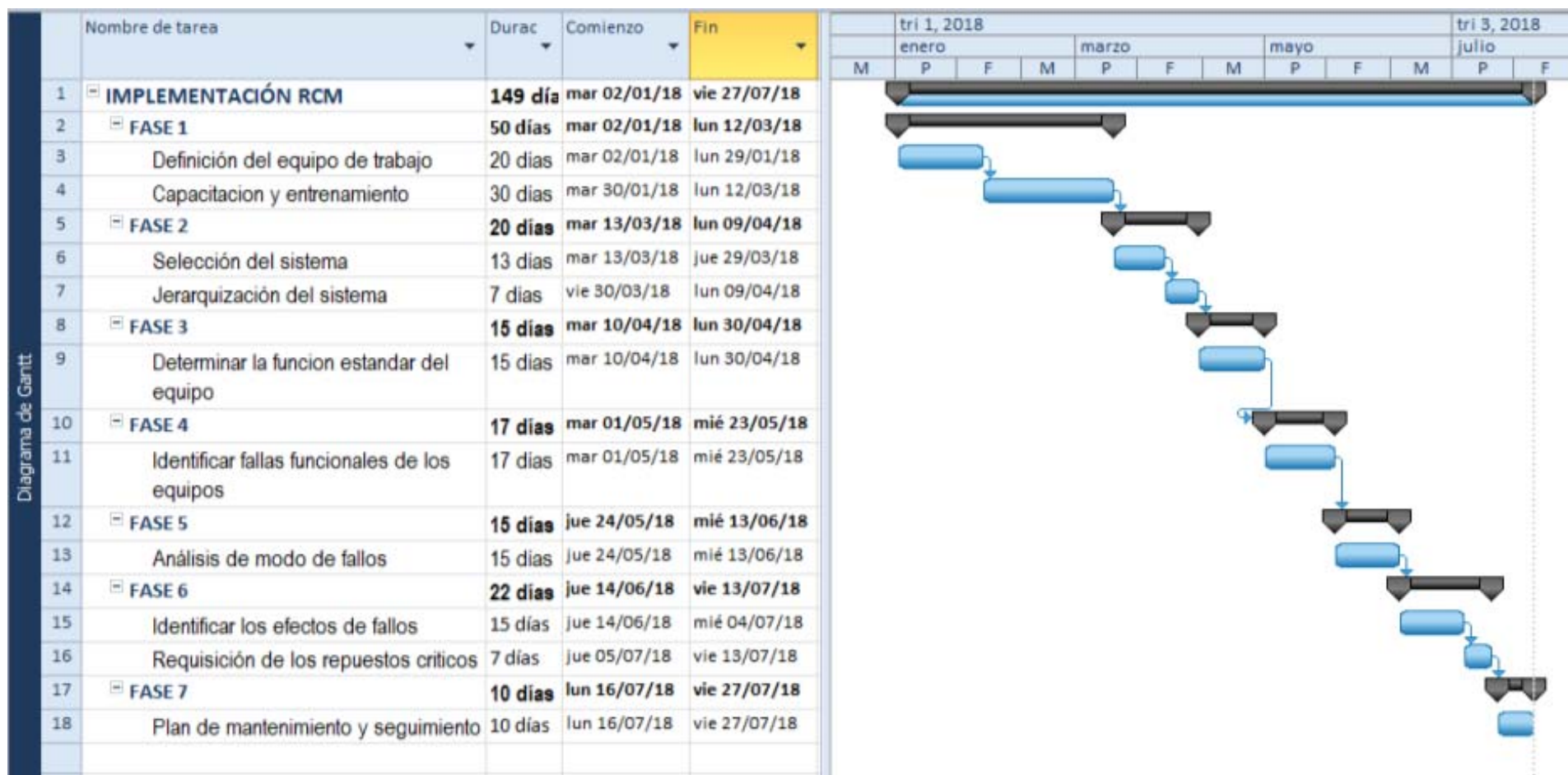
Expectativas de futuro

En época de crisis, incentivar a los trabajadores con planes a largo plazo dentro de la compañía se ha convertido en una de las mayores motivaciones. Nada los motivará más que saber que la empresa cuenta con ellos, su trabajo y que, pueden escalar posiciones dentro del organigrama. Es una de las formas más directas de reconocer el trabajo de los empleados. Finalmente se debe establecer y aplicar los medios para evaluar el progreso, realizar la evaluación del estado actual y plantear el estado futuro deseado. Es necesaria una clara imagen del presente para evaluar el progreso hacia el futuro.

3.4 Cronograma Tentativo de Implementación del RCM

La figura 40 representa el cronograma propuesto para implementar el RCM y las actividades que implica cada una de las 7 fases. Asimismo, el orden correlativo con las fechas propuestas en cada una de ellas, esto nos ayudará a llevar un control del avance de la implementación.

Figura 40: Cronograma de implementación



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4: VALIDACION DE LA PROPUESTA

En este capítulo se presenta la simulación del proceso actual y mejorado, la evaluación económica y el análisis de los impactos que podrían poner en riesgo el desarrollo del proyecto.

4.1 Simulación

Para la validación de la propuesta se hizo un modelamiento del proceso actual y del propuesto en el ARENA

4.1.1 Simulación del proceso actual

Utilizando el software ARENA se simuló el proceso actual de la línea de producción R17 en presencia de fallas aleatorias durante 1 año.

Relación de variables

Se selecciona las variables que van a ser estudiadas, en total son 15 variables que ayudarán a simular el sistema y están denotadas mediante la letra “X” y a continuación el nombre de los tiempos que serán medidos.

Tabla 29: Variables

Variable	Denominación	Tiempo
X1	Tiempo de Cambio de Bobina	Minutos
X2	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Conteo	Horas
X3	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Corta Pliegos	Horas
X4	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Desbobinador	Horas
X5	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Grapado	Horas
X6	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Impresor	Horas
X7	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Refile	Horas
X8	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Trozado	Horas
X9	Tiempo de falla en el Cuerpo Conteo	Horas
X10	Tiempo de falla en el Cuerpo Corta Pliegos	Horas
X11	Tiempo de falla en el Cuerpo Desbobinador	Horas
X12	Tiempo de falla en el Cuerpo Grapado	Horas
X13	Tiempo de falla en el Cuerpo Impresor	Horas
X14	Tiempo de falla en el Cuerpo Refile	Horas
X15	Tiempo de falla en el Cuerpo Trozado	Horas

Fuente: Elaboración propia

Muestra de datos para cada variable

Para la validación de los supuestos es importante identificar las variables que serán evaluadas en programa Arena versión 15.00, 00004 – 2017. Entre las cuales se ha identificado 15 variables del proceso de elaboración de cuadernos engrapados.

El anexo 2 muestra los tiempos de las distintas variables seleccionadas para la validación del proceso. Estas detallan los tiempos en cada una de las variables.

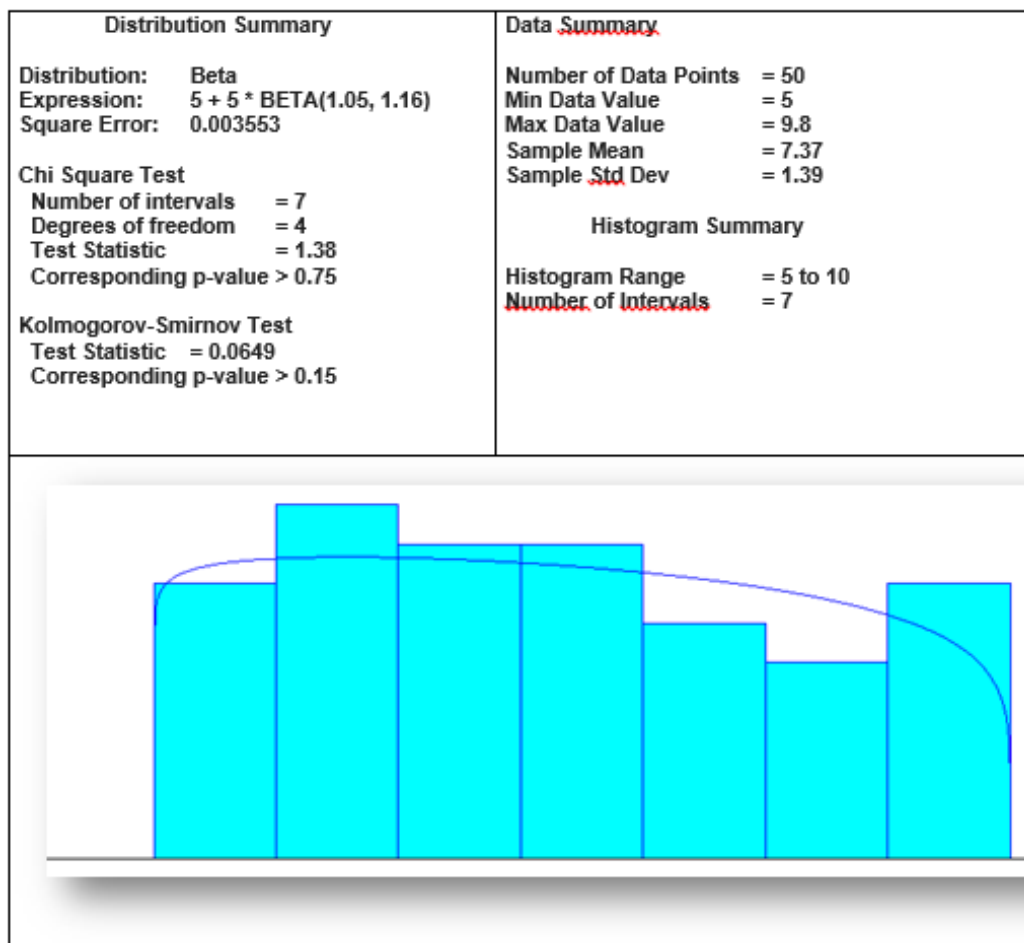
Las variables son tomadas en cuenta de acuerdo al proceso en estudio, para nuestro caso en la línea R17 se registraron los tiempos de cambio de bobina, los tiempos entre fallo y los tiempos que dura la reparación.

Ajustar $f(x)$ a cada variable identificada utilizando la muestra de datos

La variable cambio de bobina ha sido medida en tiempo, para saber el valor en tiempo que se demoran en realizar este proceso. Esta información es ingresada al Analyzer del programa arena, para que nos facilite la mejor distribución. Ver figura 41

X_1 = Tiempo de Cambio de Bobina en minutos

Figura 41: Evaluación de datos

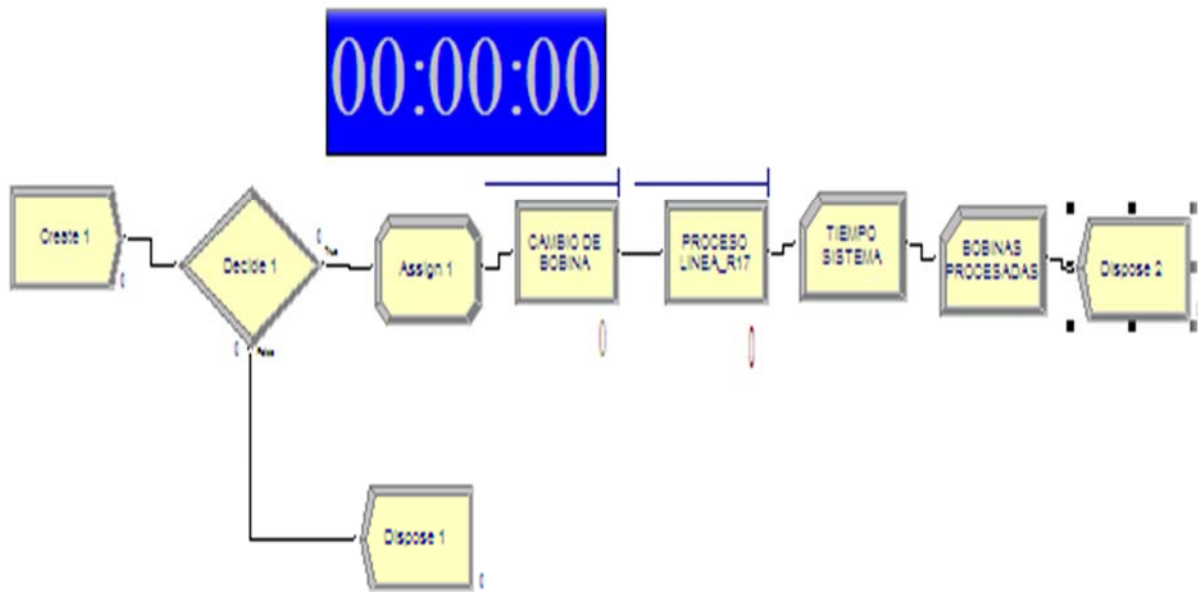


Fuente: Elaboración propia

La figura 41 muestra la evaluación de los 50 datos correspondientes al tiempo de cambio de bobinas, estos datos son ingresados al analizer del programa arena, de esta forma se analizan cada una de las 15 variables denotadas por la letra X.

La entidad es una Bobina de papel standard de 1.5 Toneladas.

Figura 42: Modelo actual línea R17



Fuente: Elaboración propia

Resultados de la simulación

Finalizado el proceso de elaboración del modelo, se procedió con la simulación de la línea R17, el tiempo que se considero fue de 360 días (1 año)

En la siguiente figura se observa el resultado obtenido de la simulación:

Figura 43: Reporte de resultado – Modelo actual

User Specified				
Tally				
Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
TIEMPO EN LINEA	1.9559	0.061502474	1.5833	50.6007
Counter				
Count	Value			
BOBINAS PROCESADAS	3952.00			

Fuente: Elaboración propia

El reporte nos muestra el tiempo promedio que la bobina paso en el Sistema 1.9559 horas. Procesando 3952 Bobinas.

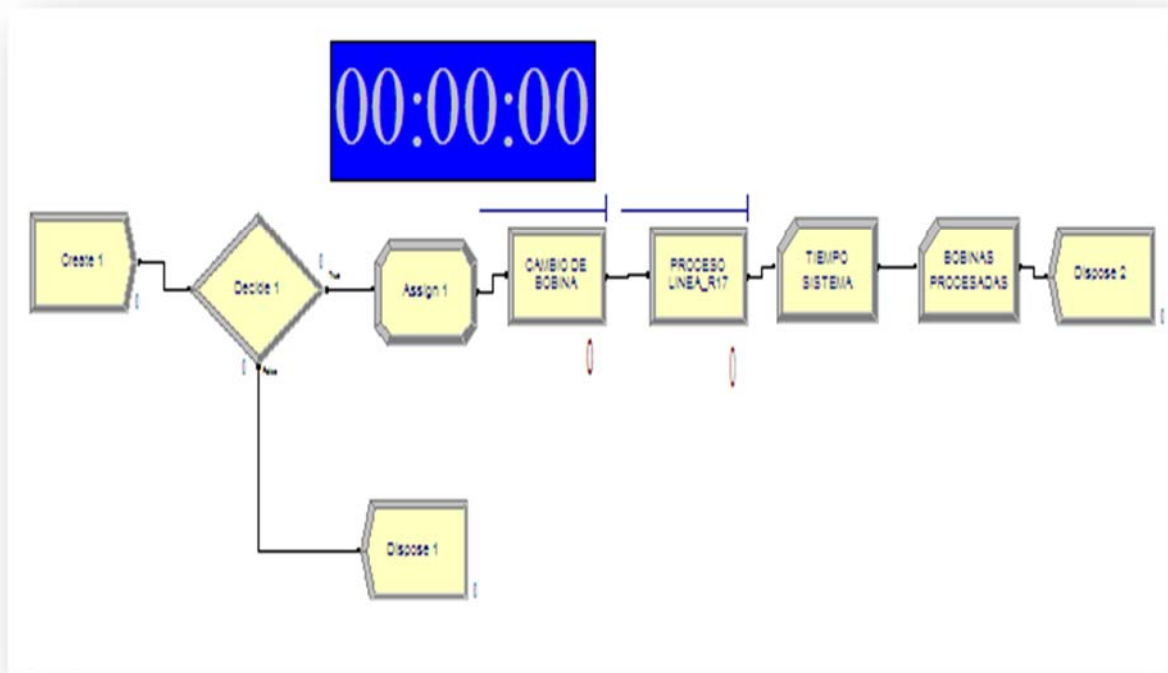
4.1.2 Simulación del proceso mejorado

Para validar nuestra propuesta procedemos a simular nuestro proceso de mantenimiento propuesto. La simulación se hizo para un periodo de 730 días (2 años).

La entidad es una Bobina de papel estándar de 1.5 Toneladas.

Resultados de la simulación

Figura 44: Modelo propuesto línea R17



Fuente: Elaboración propia

Resultados de la simulación

Se realizaron diez replicas en cada Escenario el Actual y el Mejorado, para comparar los tiempos promedio que permanecen en el sistema la bobina de 1.5 Toneladas y verificar si estadísticamente el tiempo de permanencia de la bobina en el sistema disminuye con la consiguiente mejora en la producción.

Figura 45: Reporte de resultado – Modelo propuesto

User Specified				
Tally				
Interval	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
TIEMPO EN LINEA	1.6354	0.004942906	1.5833	6.0377
Counter				
Count	Value			
BOBINAS PROCESADAS	4506.00			

Fuente: Elaboración propia

La figura 45 refleja el reporte que muestra el tiempo promedio que la Bobina paso en el Sistema 1.6354 horas. Procesando 4506 Bobinas.

Análisis de resultados

Para poder determinar si nuestra propuesta es viable o no se hace una comparación de los resultados obtenidos tanto en el modelo actual y el propuesto. Para la comparación de escenarios se ha ejecutado 10 réplicas de 1 años de 360 días de 24hr cada una

A continuación, se muestra los datos de tiempo en horas que pasa la bobina en el sistema para el modelo actual, así como para el modelo mejorado.

Tabla 30: Comparación de resultados - Tiempo

TIEMPO			
Replica	ACTUAL MODELO-1	MEJORADO MODELO-2	MODELO IDEAL
1	1.9559	1.6354	1.6232
2	1.9217	1.6342	1.6232
3	1.9176	1.6335	1.6232
4	1.9252	1.6333	1.6232
5	1.9215	1.6332	1.6232
6	1.9136	1.6333	1.6232
7	1.9158	1.6334	1.6232
8	1.9182	1.6334	1.6232
9	1.9186	1.6328	1.6232
10	1.919	1.6329	1.6232

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30 se ha realizado la comparación de los tiempos de los tres escenarios. Los resultados de esta prueba se muestran a continuación: se utilizan el método T-Paried

Tabla 31: Comparación de resultados - Bobinas

BOBINAS			
Replica	ACTUAL MODELO-1	MEJORADO MODELO-2	MODELO IDEAL MODELO - 3
1	3,952.00	4,506.00	4736.0
2	4,020.50	4,505.50	4743.5
3	4,029.00	4,505.67	4742.0
4	3,999.75	4,505.25	4740.3
5	4,001.80	4,504.80	4739.0
6	4,015.67	4,500.33	4737.2
7	4,016.14	4,499.71	4738.4
8	4,010.75	4,499.25	4739.3
9	4,009.89	4,499.11	4739.4
10	4,007.50	4,498.00	4739.3

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la tabla 31 muestra que se ha mejorado el tiempo promedio que se emplea en el proceso de una bobina, lo que permitiría una mayor producción.

4.2 Evaluación Económica

La evaluación de la rentabilidad y viabilidad económica de la implementación del RCM en la planta de cuadernos se realizó mediante los parámetros del valor actual neto (VAN) basados en los flujos netos (ingresos-egresos) que tendría la empresa al implementar la propuesta de mejora.

4.2.1 Indicadores financieros

Los indicadores financieros que calcularemos para determinar si el proyecto está en la capacidad de generar rentabilidad o no es el TIR y VAN para ello consideraremos los costos para la implementación del RCM.

4.2.1.1 Inversión para la implementación del RCM

Para la implementación del RCM se requiere una serie de recursos que incluye capacitación del personal, motivación de personal, repuestos, inspector predictivo, artículos de oficina, asesoría externa y equipos, el cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 32: Inversión

DESCRIPCIÓN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	TOTAL
Motivación de personal		12,000	9,000	6,000	6,000	33,000
Capacitación de personal	25,000	10,000				35,000
Adquisición de repuestos	175,000					175,000
Inspector predictivo	12,600	25,200	25,200	25,200	25,200	113,400
Artículos de oficina	15,550					15,550
Asesoría externa	24,000	10,000				34,000
Equipos predictivos	22,900					22,900
COSTO TOTAL	275,050	57,200	34,200	31,200	31,200	428,850

Fuente: Elaboración propia

La tabla 32 muestra el costo que implica la implementación del RCM en la planta Papelera. El monto asciende a S/. 428,850.00, esto es equivalente al 17.5 % de las pérdidas totales (2,446,383 Soles) por la baja disponibilidad de los equipos en el periodo 2017.

4.2.1.2 Evaluación del VAN y TIR

Para la elaboración del flujo de caja se consideró un impuesto a la renta del 28% y una tasa de descuento del 15%.

Se calculó los indicadores financieros (VAN, TIR) en los tres escenarios, para ello se usó los siguientes datos:

ESCENARIO	INGRESO - AÑO			
	1	2	3	4
Optimista	S/185,420	S/296,672	S/370,840	S/370,840
Moderado	S/111,252	S/222,504	S/333,756	S/370,840
Pesimista	S/74,168	S/185,420	S/259,588	S/333,756

En la siguiente tabla se muestra el resultado del cálculo para el escenario optimista:

Tabla 33: Flujo de caja (optimista)

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO					
Año	0	1	2	3	4
Inversión inicial	S/275,050				
Ingresos		S/185,420	S/296,672	S/370,840	S/370,840
Gastos		S/57,200	S/34,200	S/31,200	S/31,200
Depreciación		S/2,290	S/2,290	S/2,290	S/2,290
Utilidad antes de impuestos		S/125,930	S/260,182	S/337,350	S/337,350
Impuesto (28%)		S/35,260	S/72,851	S/94,458	S/94,458
Utilidad después de impuestos		S/90,670	S/187,331	S/242,892	S/242,892
Flujo de caja neto	-S/275,050	S/90,670	S/187,331	S/242,892	S/242,892

Indicadores de evaluación económica	
VAN	S/244,022
TIR	47%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resultado del cálculo para el escenario moderado:

Tabla 34: Flujo de caja (moderado)

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO					
Año	0	1	2	3	4
Inversión inicial	S/275,050				
Ingresos		S/111,252	S/222,504	S/333,756	S/370,840
Gastos		S/57,200	S/34,200	S/31,200	S/31,200
Depreciación		S/2,290	S/2,290	S/2,290	S/2,290
Utilidad antes de impuestos		S/51,762	S/186,014	S/300,266	S/337,350
Impuesto (28%)		S/14,493	S/52,084	S/84,074	S/94,458
Utilidad después de impuestos		S/37,269	S/133,930	S/216,192	S/242,892
Flujo de caja neto	-S/275,050	S/37,269	S/133,930	S/216,192	S/242,892

Indicadores de evaluación económica	
VAN	S/139,652
TIR	33%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resultado del cálculo para el escenario pesimista:

Tabla 35: Flujo de caja (pesimista)

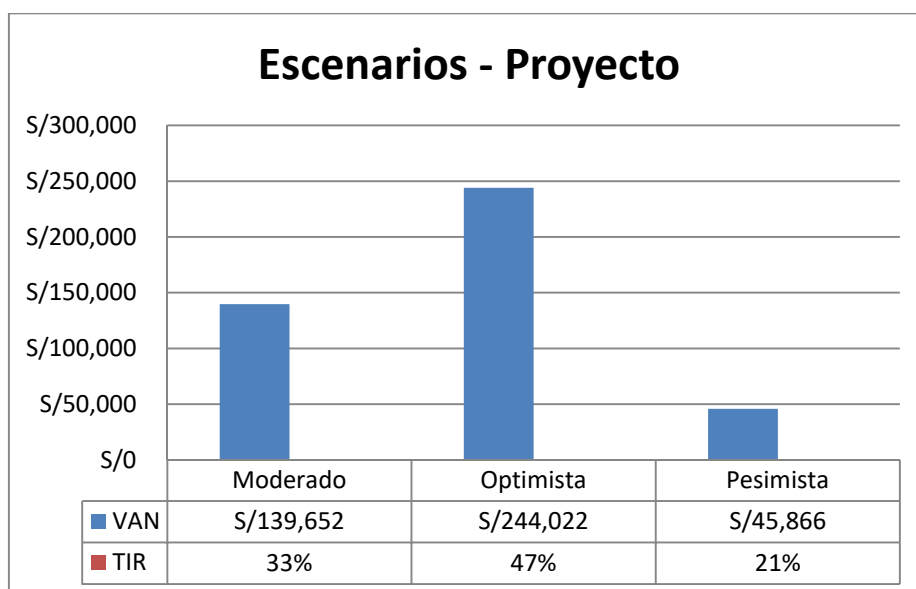
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO					
Año	0	1	2	3	4
Inversión inicial	S/275,050				
Ingresos		S/74,168	S/185,420	S/259,588	S/333,756
Gastos		S/57,200	S/34,200	S/31,200	S/31,200
Depreciación		S/2,290	S/2,290	S/2,290	S/2,290
Utilidad antes de impuestos		S/14,678	S/148,930	S/226,098	S/300,266
Impuesto (28%)		S/4,110	S/41,700	S/63,307	S/84,074
Utilidad después de impuestos		S/10,568	S/107,230	S/162,791	S/216,192
Flujo de caja neto	-S/275,050	S/10,568	S/107,230	S/162,791	S/216,192

Indicadores de evaluación económica	
VAN	S/45,866
TIR	21%

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la evaluación económica de la propuesta de mejora en los tres escenarios se muestra en la siguiente figura:

Figura 46: Resultado de la evaluación económica



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior el VAN en los 3 escenarios es positivo y se cuenta con un TIR superior a la tasa de descuento (15%) en los tres escenarios por lo tanto podemos decir que la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología del RCM es factible.

4.3 Análisis de resultados

Para hacer un análisis de los resultados de la propuesta de mejora se utilizara las siguientes herramientas:

4.3.1 Informe de Resultados

Los resultados de los indicadores propuestos deben ser reportados con una frecuencia mensual, trimestral y anual directamente al Jefe de Mantenimiento y al Superintendente General.

El Jefe de Mantenimiento es el encargado de recopilar la información relacionada con los indicadores propuestos y, a su vez, asignar las iniciativas necesarias para lograr su cumplimiento.

4.3.2 Auditoria de la gestión de mantenimiento

La auditoría nos permitirá medir y seguir el proceso de mantenimiento. Con esto conseguiremos información interna lo que nos ayudara a mejorar el plan de mantenimiento propuesto, las auditorías serán realizadas por personal de la misma empresa en orden de analizar si se contribuye al cumplimiento de los objetivos. La auditoría va a comprobar si se han realizado todas las actividades indicadas en el procedimiento, así como la evaluación y utilización de recursos brindados por la empresa.

A continuación, se muestra el cuestionario que se utilizara para la evaluación del área de mantenimiento planta.

Figura 47: Formato de auditoria

Auditoría de Mantenimiento													
Empresa: Papelera Nacional S.A.													
1	Organización del Mantenimiento										Peso: /10		
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Prom
1.01	Claridad de la ubicación del área de mantenimiento en la organización de la Empresa	5											
1.02	Claridad de la Organización del área de mantenimiento de la Empresa	8											
1.03	¿Cómo calificaría la Organización del área de mantenimiento de la Empresa?	7											
1.04	Autonomía que el área de mantenimiento tiene dentro de la Organización de Empresa.	6											
1.05	El área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras con las otras áreas.	8											
1.06	Internamente, el área de mantenimiento tiene establecidas vías de comunicación claras.	9											

1.07	El área de mantenimiento trabaja basado en claros objetivos propios.	6													
1.08	El área de mantenimiento tiene definidas sus funciones claramente.	7													
1.09	El área de mantenimiento trabaja dentro de límites de responsabilidad claros y definidos.	8													
1.10	El área de mant. es considerado para toma de decisiones por el resto de áreas de la planta	10													

2		Planeamiento del Mantenimiento										Peso: /10	
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Prom
2.01	Calificación del Planeamiento de mantenimiento dentro de la Organización de la Empresa	6											
2.02	Recepción de solicitudes de servicio de producción	8											
2.03	Definición de la Orden de trabajo en el área de mantenimiento.	9											
2.04	Planeamiento de la Mano de obra en el área de mantenimiento.	8											
2.05	Planeamiento de Materiales en el área de mantenimiento.	7											
2.06	Planeamiento del Equipo de Mantenimiento en el área de mantenimiento.	8											
2.07	Planeamiento de la Logística en el área de mantenimiento.	8											
2.08	Coordinación con producción fechas para realizar mantenimiento en general.	9											
2.09	Planeamiento preventivo en el área de mantenimiento.	10											
2.10	Reporte de planeamiento y cumplimiento del área de mantenimiento.	7											

3		Ejecución del Mantenimiento										Peso: /10	
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Prom
3.01	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.	8											
3.02	El área de mant. participa en la elaboración de los programas de producción de la planta.	7											
3.03	El área de mantenimiento participa en planes de inversión, ampliaciones y modernización.	10											
3.04	Aplicación del concepto de MP en planta, con rutinas de inspección y revisión planeadas.	8											
3.05	El área de mant. tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día.	6											
3.06	El área de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes.	7											
3.07	El área de mant. dispone de herramientas, equipos y máquinas en buen estado y suficientes.	8											
3.08	Se lubrican equipos e instalaciones de planta en base a un programa de rutinas establecido	9											
3.09	El área de mant. de planta presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas	8											
3.10	El área de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos.	9											

4		Habilidad del Personal de Mantenimiento										Peso: /10	
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Prom
4.01	Nivel técnico de los Ingenieros del área de mantenimiento.	6											
4.02	Nivel técnico de los Técnicos del área de mantenimiento.	9											
4.03	Nivel de Experiencia de Ingenieros, Técnicos y Obreros del área de mantenimiento.	10											
4.04	El personal de Mantenimiento trabajan solos y son responsables de las tareas que realizan.	7											
4.05	Habilidades para resolver Problemas y tomar decisiones en el área de mantenimiento.	9											
4.06	El personal del área de mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.	8											
4.07	El personal de supervisión capacita a su personal del área de mant. permanentemente.	7											
4.08	Nivel de desempeño del personal del área de mantenimiento para realizar mant. preventivo.	8											
4.09	El personal del área de mant. puede realizar mant. predictivo (Monitoreo Condición).	6											
4.10	El personal del área de mant. puede realizar Análisis de Datos de fallas para mejorar.	8											

5		Abastecimiento del mantenimiento										Peso: /10	
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Prom
5.01	Velocidad de respuesta a solicitudes de compras para el área de mantenimiento.	9											
5.02	Almacenes de repuestos para mantenimiento de la planta están ordenados.	7											

5.03	¿Cómo están los mecanismos de recepción de repuestos para mantenimiento en calidad y cantidad?	8																
5.04	Se compra en base a especificaciones precisas del área de mantenimiento.	9																
5.05	El Catálogo de Componentes (repuestos) de la planta es permanentemente actualizado.	7																
5.06	Disponibilidad de repuestos, materiales y suministros para mantenimiento.	10																
5.07	El área de Mantenimiento de la planta tiene participación en el proceso de compra.	7																
5.08	El Registro de Proveedores para mantenimiento es actualizado permanentemente.	5																
5.09	Se respetan los niveles máximo / mínimo de existencias para mantenimiento. (stock)	9																
5.10	Grado de facilidad para contratar servicios de terceros para mantenimiento.	7																

6		Administración del mantenimiento										Peso:		/10
Nº	Componentes	Peso /10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Prom	
6.01	El manto se desarrolla en base a un Ppto. Operativo anual que cubre todas sus actividades ?	9												
6.02	El mantenimiento trabaja dentro del sistema de costos de la Institución ?	9												
6.03	En la ejecución del mantenimiento se trata de reducir constantemente los costos operativos ?	10												
6.04	El manto es incluido en los Pptos. anuales y en el establecimiento de los niveles de gastos ?	9												
6.05	El mantenimiento controla y trata de reducir sus gastos ?	9												
6.06	El área de Administración Central presta apoyo al mantenimiento ?	7												
6.07	El área de Sistemas presta apoyo al mantenimiento ?	5												
6.08	La información llega para el mantenimiento en tiempo y forma rápida ?	6												
6.09	El mantenimiento participa en cuanto a los Planes de Mercadeo ?	5												
6.10	Cuál es el grado de ordenamiento interno de mantenimiento en cuanto a lo administrativo ?	7												

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La aplicación del RCM en la gestión de mantenimiento de los equipos de la planta de cuadernos va a permitir incrementar el ingreso por ventas, en el primer año se estima generar un incremento de 185,420 soles.
- Mediante la implementación de la metodología del RCM se logrará mejorar la disponibilidad de los equipos de la línea R17 de un 82.9% a un 93%, de esta forma se estará incrementando la disponibilidad en un 10.1% en un periodo de tres años.
- La evaluación económica indica que el proyecto de mejora es rentable con un VAN positivo de S/45,866 y un TIR de 21 % en un escenario pesimista
- La simulación en el programa arena muestra los resultados de la evaluación actual y mejorada, se evidencia que hay una mejora significativa que hace que la producción mejore en un 14 %.
- La propuesta de implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología del RCM para los equipos de la línea R17, será el punto de partida para poder implementar este tipo de metodología a los demás equipos de la planta de cuadernos.

5.2 Recomendaciones

- Implementar un tablero de control con cada uno de los indicadores propuestos, para que la gerencia pueda observar en tiempo real el estado de cada uno de ellos y así poder tomar las acciones correspondientes.
- Establecer un programa de capacitación para el personal ingresante y los antiguos, esto con la finalidad de reforzar el conocimiento técnico del personal.
- Desarrollar actividades de integración entre las jefaturas y el personal operativo, esto permitirá mejorar la actitud del personal poco comprometido con el proyecto de mejora.
- El proyecto de mejora debe de ser aplicado a las demás líneas cuaderneras R13, R14 y R16.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BARROS, David; VALENCIA, Guillermo y VARGAS, Lisandro (2014) Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo. PP. 200-208. En: Scientia et Technica, año XIX, N°2, Vol. 19 (<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=da6fb30e-56d5-42c6-a2c6-b09661e39ec5%40sessionmgr104&hid=115>)
- Bermeo Arias, Javier 2010: 70 Diseño, Desarrollo e Implementación del Programa de Mantenimiento mecánico para vehículos de la secretaria de tránsito y transporte municipal (Pasantía institucional para optar el título de Ingeniero Industrial). Santiago de Cali: Universidad Autónoma De Occidente. (<https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1201/1/TID00339.pdf>)
- CAMISON, Cesar (2006). Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Madrid: Graficas Rogar.
- CAPOTEL, Andy; FERNANDEZ, Manuel y SHKILIOVALL, Liudmila (2016) Evaluación de la gestión del mantenimiento y la reparación de los tractores mediante indicadores. PP. 40-44. En: Revista Ingeniería Agrícola, N° 2. Vol. 6 (Consulta 17 de Febrero de 2017) (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=0b244188-5bad-4564-b47a-6bd9771396bc%40sessionmgr4008&hid=4109>)
- CESÁREO GÓMEZ DE LEÓN, Félix 2011:24 Tecnología del Mantenimiento Industrial (https://books.google.com.pe/books?id=bOrFC3532MEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- CRUELLES, José (2013). Ingeniera Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y mejora continua. México: Marcombo.
- ERIKA, Helena (2016) Application of modern QMS – KAIZEN management system. PP. 1456-1464. En: MM SCIENCE JOURNAL (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=43&sid=0b244188-5bad-4564-b47a-6bd9771396bc%40sessionmgr4008&hid=4109>)
- EKONOMIKY, Katedra (2016) 5S – Tool of eliminating waste in company processes. PP. 19-24. En: TRANSPORT & LOGISTICS: the International Journal, Vol. 16. (Consulta 20 de Febrero de 2017)

- <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=0b244188-5bad-4564-b47a-6bd9771396bc%40sessionmgr4008&vid=46&hid=4109>)
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Javier 2011 (31-33) “Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado 4º Edición”
 - FUENTES, María (2015) SMED: técnica de manufactura con gran impacto en la reducción de costos. PP. 31-39. En: CULCyT, año 12, N° 55 (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=41&sid=0b244188-5bad-4564-b47a-6bd9771396bc%40sessionmgr4008&hid=4109>)
 - GARCÍA GARRIDO, Santiago (2011) “ organización y gestión integral del mantenimiento” (https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=que+es+la+gestion+de+mantenimeinto&ots=UdGcYmnN_t&sig=5Ow7PRO5dBjlovn_-n9bAgAAPpc#v=onepage&q&f=false)
 - GERMÁN, Fernando (2002) El mantenimiento predictivo y su efecto en la optimización de costos de mantenimiento. PP. 95-105. En: Revista Facultad de Ingeniería, N° 25 (<https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/326346/20783621>)
 - GONZALES, Francisco (2011). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 4º ed. Madrid: Fundación Confemetal.
 - GONZALES, Francisco (2010). Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión. 2º ed. Madrid: Fundación Confemetal.
 - GORKA, Aranguren y otros (2014) Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado. PP. 347-354. En: DYNA: Ingeniería e Industria, N°3, Vol. 89 (<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=04124972-6e60-4dd7-af22-82ce1069d04b%40sessionmgr101&vid=16&hid=115>)
 - GUTIERREZ MORA, Alberto 2009. 21 Mantenimiento planeación, ejecución y control.
 - Hung, Alberto J. 2008. 14 Mantenimiento Centrado En Confiabilidad Como Estrategia Para Apoyar Los Indicadores De Disponibilidad Y Paradas Forzadas En La planta Oscar A. Machado EDC. (<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=00f80fb2-5b45-420e-889c-3d00ed941a58%40sessionmgr104&vid=5&hid=130>)

- LINARES, Luis (2012) Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. PP. 7-14. En: Centro Azúcar (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=21&sid=0b244188-5bad-4564-b47a-6bd9771396bc%40sessionmgr4008&hid=4109>)
- MORA, Alberto (2013). Mantenimiento planeación, ejecución y control. Segunda edición. Ciudad de México: Alfa omega.
- MOUBRAY, john 2004: 6 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (http://www.academia.edu/9478461/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN_LA_CONFIABILIDAD_CONTENIDOS)
- NALLUSAMY, S. (2016) Enhancement of Productivity and Efficiency of CNC Machines in a Small Scale Industry Using Total Productive Maintenance. PP. 120-126. En: International Journal of Engineering Research in Africa, Vol. 25 (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=59&sid=0b244188-5bad-4564-b47a-6bd9771396bc%40sessionmgr4008&hid=4109>)
- NAVARRO, Luis (1997). Gestión integral de mantenimiento. España: Marcombo
- REY, Francisco (2001). Manual del Mantenimiento Integral en la Industria. Madrid: Fundación Confemetal.
- SUAREZ, Manuel (2011) Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua. PP. 285-311. En: Pecvnia (<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3117757.pdf>)
- VIVEROS, Pablo y otros (2013) Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. PP. 125-138. En: Revista chilena de ingeniería, N° 1, Vol. 21 (<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=6344db0f-8a27-4b6a-ac7c-04c9ac175142%40sessionmgr4006&vid=1&hid=4109>)

7. GLOSARIO

- **Ishikawa:**
Diagrama de causa efecto o de espina de pez ideado por el ingeniero Ishikawa.
- **Pareto:**
Un diagrama de Pareto es un tipo especial de gráfica de barras donde los valores graficados están organizados de mayor a menor.
- **Análisis vibracional:**
El análisis vibracional permite diagnosticar el estado de las máquinas y sus componentes mientras funcionan normalmente dentro de una planta de producción.
- **Costo:**
El valor monetario o precio de una actividad o componente del proyecto que incluye el valor monetario de los recursos necesarios para realizar y terminar la actividad o el componente.
- **Equipo crítico:**
Equipo que, dentro de la línea de producción, puede generar grandes retrasos o pérdidas económicas si se produce un paro intempestivo.
- **Matriz de criticidad:**
Matriz que es elaborada involucrando los equipos de una planta de producción, siguiendo aspectos de severidad, impacto y probabilidad.
- **Modo de falla:**
Es la forma en que es posible que un componente o un proceso falle. (Ej.: rotura, deformación, etc.)

8. SIGLARIO

- ACR: Análisis causa raíz
- AMEF: Análisis de modo y efecto de fallos
- DOP: Diagrama de operaciones
- DR: Diagrama de recorrido
- GMAO: Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador
- MC: Mantenimiento correctivo
- MP: Mantenimiento preventivo
- MTTR: Tiempo medio de reparación
- OT: Orden de Trabajo
- OEE: (Overall Equipment Effectiveness) Eficiencia General de los Equipos
- RCM: Reliability Centered Maintenance
- TPM: Mantenimiento productivo total

9. ANEXOS

Anexo 1

Registro de fallas

REGISTRO DE FALLAS LINEA R17- 2016

FECHA INICIO	FECHA TERMINO	TOTAL FALLA	TBF	HORAS PROGRAMADAS	TIPO	CUERPO
1/01/2016 12:00 AM	1/01/2016 12:00 AM	0:00	0:00	24		CONTEO
13/01/2016 12:00 PM	13/01/2016 07:00 PM	7:00	300:00	24	MECÁNICA	CONTEO
15/01/2016 08:00 AM	15/01/2016 11:00 AM	3:00	37:00	24	MECÁNICA	CONTEO
16/01/2016 07:00 AM	16/01/2016 07:00 PM	12:00	20:00	24	MECÁNICA	CONTEO
2/02/2016 09:00 AM	2/02/2016 11:00 AM	2:00	398:00	24	MECÁNICA	CONTEO
6/02/2016 12:00 PM	6/02/2016 04:00 PM	4:00	97:00	24	MECÁNICA	CONTEO
9/02/2016 10:00 AM	9/02/2016 02:00 PM	4:00	66:00	24	MECÁNICA	CONTEO
1/03/2016 07:00 AM	1/03/2016 10:00 PM	15:00	497:00	24	MECÁNICA	CONTEO
14/03/2016 01:00 PM	14/03/2016 08:00 PM	7:00	303:00	24	MECÁNICA	CONTEO
15/03/2016 11:00 AM	15/03/2016 04:00 PM	5:00	15:00	24	MECÁNICA	CONTEO
2/04/2016 07:00 PM	2/04/2016 08:00 PM	1:00	435:00	24	MECÁNICA	CONTEO
14/04/2016 10:00 AM	14/04/2016 04:00 PM	6:00	278:00	24	MECÁNICA	CONTEO
18/04/2016 03:00 PM	18/04/2016 05:00 PM	2:00	95:00	24	MECÁNICA	CONTEO
25/04/2016 06:00 PM	25/04/2016 11:00 PM	5:00	169:00	24	MECÁNICA	CONTEO
12/05/2016 09:00 AM	12/05/2016 01:00 PM	4:00	394:00	24	MECÁNICA	CONTEO
23/05/2016 08:00 AM	23/05/2016 10:00 PM	14:00	259:00	24	MECÁNICA	CONTEO
7/06/2016 12:00 PM	7/06/2016 04:00 PM	4:00	350:00	24	MECÁNICA	CONTEO
14/06/2016 12:00 PM	14/06/2016 10:00 PM	10:00	164:00	24	MECÁNICA	CONTEO
24/06/2016 09:00 AM	24/06/2016 12:00 PM	3:00	227:00	24	MECÁNICA	CONTEO
5/07/2016 01:00 PM	5/07/2016 03:00 PM	2:00	265:00	24	MECÁNICA	CONTEO
10/07/2016 09:00 PM	10/07/2016 11:00 PM	2:00	126:00	24	MECÁNICA	CONTEO
12/07/2016 03:00 PM	12/07/2016 07:00 PM	4:00	40:00	24	MECÁNICA	CONTEO
15/07/2016 06:00 PM	15/07/2016 10:00 PM	4:00	71:00	24	MECÁNICA	CONTEO
5/08/2016 10:00 AM	5/08/2016 12:00 PM	2:00	492:00	24	MECÁNICA	CONTEO
13/08/2016 10:00 AM	13/08/2016 06:00 PM	8:00	190:00	24	MECÁNICA	CONTEO
24/08/2016 03:00 PM	24/08/2016 11:00 PM	8:00	261:00	24	MECÁNICA	CONTEO
5/09/2016 05:00 AM	5/09/2016 03:00 PM	10:00	270:00	24	MECÁNICA	CONTEO
11/09/2016 06:00 PM	11/09/2016 10:00 PM	4:00	147:00	24	MECÁNICA	CONTEO
16/09/2016 07:00 AM	16/09/2016 05:00 PM	10:00	105:00	24	MECÁNICA	CONTEO
2/10/2016 06:00 PM	2/10/2016 08:00 PM	2:00	385:00	24	MECÁNICA	CONTEO
11/10/2016 10:00 AM	11/10/2016 08:00 PM	10:00	206:00	24	MECÁNICA	CONTEO
12/10/2016 11:00 AM	12/10/2016 02:00 PM	3:00	15:00	24	MECÁNICA	CONTEO
3/11/2016 01:00 PM	3/11/2016 11:00 PM	10:00	527:00	24	MECÁNICA	CONTEO
12/11/2016 04:00 PM	12/11/2016 06:00 PM	2:00	209:00	24	MECÁNICA	CONTEO
14/11/2016 03:00 PM	14/11/2016 06:00 PM	3:00	45:00	24	MECÁNICA	CONTEO
5/12/2016 04:00 AM	5/12/2016 06:00 AM	2:00	490:00	24	MECÁNICA	CONTEO
16/12/2016 06:00 AM	16/12/2016 06:00 PM	12:00	264:00	24	MECÁNICA	CONTEO
17/12/2016 08:00 AM	17/12/2016 10:00 AM	2:00	14:00	24	MECÁNICA	CONTEO
18/12/2016 12:00 PM	18/12/2016 02:00 PM	2:00	26:00	24	MECÁNICA	CONTEO

		REGISTRO DE FALLAS LINEA R17- 2016				
FECHA INICIO	FECHA TERMINO	TOTAL FALLA	TBF	HORAS PROGRAMADAS	TIPO	CUERPO
1/01/2016 12:00 AM	1/01/2016 12:00 AM	0:00	00	24		CORTA PLIEGOS
2/01/2016 02:00 PM	2/01/2016 06:00 PM	4:00	38	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
9/01/2016 02:00 PM	9/01/2016 04:00 PM	2:00	164	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
10/01/2016 09:00 AM	10/01/2016 07:00 PM	10:00	17	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
1/02/2016 08:00 AM	1/02/2016 03:00 PM	7:00	517	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
12/02/2016 12:00 PM	12/02/2016 03:00 PM	3:00	261	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
15/02/2016 06:00 AM	15/02/2016 01:00 PM	7:00	63	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
2/03/2016 10:00 AM	2/03/2016 10:00 PM	12:00	381	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
15/03/2016 06:00 PM	15/03/2016 08:00 PM	2:00	308	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
22/03/2016 10:00 AM	22/03/2016 10:00 PM	12:00	158	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
23/03/2016 10:00 AM	23/03/2016 07:00 PM	9:00	12	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
12/04/2016 11:00 AM	12/04/2016 03:00 PM	4:00	472	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
22/04/2016 10:00 AM	22/04/2016 04:00 PM	6:00	235	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
6/05/2016 07:00 AM	6/05/2016 09:00 PM	14:00	327	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
17/05/2016 06:00 PM	17/05/2016 08:00 PM	2:00	261	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
18/05/2016 12:00 PM	18/05/2016 08:00 PM	8:00	16	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
22/05/2016 03:00 PM	22/05/2016 06:00 PM	3:00	91	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
8/06/2016 08:00 AM	8/06/2016 01:00 PM	5:00	398	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
20/06/2016 07:00 PM	20/06/2016 10:00 PM	3:00	294	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
22/06/2016 06:00 AM	22/06/2016 12:00 PM	6:00	32	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
11/07/2016 10:00 AM	11/07/2016 02:00 PM	4:00	454	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
12/07/2016 11:00 AM	12/07/2016 04:00 PM	5:00	21	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
19/08/2016 12:00 PM	19/08/2016 02:00 PM	2:00	908	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
20/08/2016 10:00 AM	20/08/2016 07:00 PM	9:00	20	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
21/08/2016 03:00 PM	21/08/2016 07:00 PM	4:00	20	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
22/08/2016 03:00 AM	22/08/2016 08:00 AM	5:00	08	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
8/09/2016 10:00 AM	8/09/2016 05:00 PM	7:00	410	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
12/09/2016 03:00 PM	12/09/2016 10:00 PM	7:00	94	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
9/10/2016 02:00 PM	9/10/2016 06:00 PM	4:00	640	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
18/10/2016 09:00 AM	18/10/2016 02:00 PM	5:00	207	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
6/11/2016 01:00 PM	6/11/2016 04:00 PM	3:00	455	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
9/11/2016 06:00 AM	9/11/2016 12:00 PM	6:00	62	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
11/11/2016 05:00 AM	11/11/2016 06:00 AM	1:00	41	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
18/11/2016 09:00 AM	18/11/2016 02:00 PM	5:00	171	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
3/12/2016 04:00 AM	3/12/2016 06:00 AM	2:00	350	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
22/12/2016 05:00 AM	22/12/2016 10:00 AM	5:00	455	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS
24/12/2016 03:00 AM	24/12/2016 08:00 AM	5:00	41	24	MECÁNICA	CORTA PLIEGOS

		REGISTRO DE FALLAS LINEA R17- 2016				
FECHA INICIO	FECHA TERMINO	TOTAL FALLA	TBF	HORAS PROGRAMADAS	TIPO	CUERPO
1/01/2016 12:00 AM	1/01/2016 12:00 AM	0:00	0:00	24		DESBOBINADOR
9/01/2016 10:00 AM	9/01/2016 01:00 PM	3:00	202:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
13/01/2016 08:00 AM	13/01/2016 12:00 PM	4:00	91:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
17/01/2016 03:00 PM	17/01/2016 06:00 PM	3:00	99:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
3/02/2016 11:00 AM	3/02/2016 01:00 PM	2:00	401:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
10/02/2016 09:00 AM	10/02/2016 04:00 PM	7:00	164:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
11/02/2016 03:00 PM	11/02/2016 08:00 PM	5:00	23:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
2/03/2016 02:00 AM	2/03/2016 03:00 PM	13:00	462:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
15/03/2016 04:00 PM	15/03/2016 09:00 PM	5:00	313:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
5/04/2016 02:00 AM	5/04/2016 07:00 AM	5:00	485:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
8/04/2016 07:00 PM	8/04/2016 09:00 PM	2:00	84:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
9/04/2016 06:00 PM	9/04/2016 10:00 PM	4:00	21:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
16/04/2016 01:00 PM	16/04/2016 06:00 PM	5:00	159:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
9/05/2016 08:00 AM	9/05/2016 08:00 PM	12:00	542:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
13/05/2016 10:00 AM	13/05/2016 02:00 PM	4:00	86:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
4/06/2016 03:00 PM	4/06/2016 05:00 PM	2:00	529:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
12/06/2016 09:00 AM	12/06/2016 12:00 PM	3:00	184:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
13/06/2016 10:00 AM	13/06/2016 04:00 PM	6:00	22:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
18/06/2016 11:00 AM	18/06/2016 04:00 PM	5:00	115:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
2/07/2016 04:00 PM	2/07/2016 10:00 PM	6:00	336:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
13/07/2016 02:00 AM	13/07/2016 02:00 PM	12:00	244:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
16/07/2016 11:00 AM	16/07/2016 05:00 PM	6:00	69:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
2/08/2016 11:00 AM	2/08/2016 11:00 PM	12:00	402:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
13/08/2016 03:00 PM	13/08/2016 06:00 PM	3:00	256:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
15/08/2016 06:00 AM	15/08/2016 12:00 PM	6:00	36:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
3/09/2016 10:00 AM	3/09/2016 03:00 PM	5:00	454:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
14/09/2016 05:00 AM	14/09/2016 05:00 PM	12:00	254:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
17/09/2016 12:00 PM	17/09/2016 04:00 PM	4:00	67:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
2/10/2016 11:00 AM	2/10/2016 04:00 PM	5:00	355:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
8/10/2016 10:00 AM	8/10/2016 05:00 PM	7:00	138:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
2/11/2016 09:00 AM	2/11/2016 12:00 PM	3:00	592:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
3/11/2016 07:00 AM	3/11/2016 10:00 AM	3:00	19:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
14/11/2016 12:00 PM	14/11/2016 02:00 PM	2:00	266:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
4/12/2016 11:00 AM	4/12/2016 05:00 PM	6:00	477:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR
15/12/2016 12:00 PM	15/12/2016 06:00 PM	6:00	259:00	24	MECÁNICA	DESBOBINADOR

REGISTRO DE FALLAS LINEA R17- 2016						
FECHA INICIO	FECHA TERMINO	TOTAL FALLA	TBF	HORAS PROGRAMADAS	TIPO	CUERPO
1/01/2016 12:00 AM	1/01/2016 12:00 AM	0:00	0:00	24		GRAPADO
12/01/2016 07:00 AM	12/01/2016 07:00 PM	12:00	271:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
23/01/2016 09:00 AM	23/01/2016 11:00 AM	2:00	254:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
24/01/2016 03:00 PM	24/01/2016 07:00 PM	4:00	28:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
25/01/2016 11:00 AM	25/01/2016 05:00 PM	6:00	16:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
10/02/2016 10:00 AM	10/02/2016 05:00 PM	7:00	377:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
11/02/2016 08:00 PM	11/02/2016 10:00 PM	2:00	27:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
12/02/2016 10:00 AM	12/02/2016 07:00 PM	9:00	12:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
19/02/2016 03:00 PM	19/02/2016 10:00 PM	7:00	164:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
8/03/2016 06:00 PM	8/03/2016 10:00 PM	4:00	428:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
26/03/2016 02:00 PM	26/03/2016 04:00 PM	2:00	424:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
28/03/2016 01:00 PM	28/03/2016 05:00 PM	4:00	45:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
29/03/2016 07:00 PM	29/03/2016 10:00 PM	3:00	26:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
20/04/2016 03:00 PM	20/04/2016 10:00 PM	7:00	521:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
21/04/2016 01:00 PM	21/04/2016 05:00 PM	4:00	15:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
22/05/2016 07:00 AM	22/05/2016 06:00 PM	11:00	734:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
23/05/2016 01:00 PM	23/05/2016 05:00 PM	4:00	19:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
25/05/2016 10:00 AM	25/05/2016 05:00 PM	7:00	41:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
26/05/2016 06:00 PM	26/05/2016 10:00 PM	4:00	25:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
12/06/2016 03:00 PM	12/06/2016 08:00 PM	5:00	401:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
26/06/2016 10:00 AM	26/06/2016 01:00 PM	3:00	326:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
28/06/2016 03:00 AM	28/06/2016 09:00 AM	6:00	38:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
6/07/2016 10:00 AM	6/07/2016 07:00 PM	9:00	193:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
17/07/2016 03:00 PM	17/07/2016 07:00 PM	4:00	260:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
17/08/2016 09:00 AM	17/08/2016 05:00 PM	8:00	734:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
26/08/2016 06:00 PM	26/08/2016 10:00 PM	4:00	217:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
7/09/2016 12:00 PM	7/09/2016 04:00 PM	4:00	278:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
10/09/2016 01:00 PM	10/09/2016 08:00 PM	7:00	69:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
19/09/2016 11:00 AM	19/09/2016 02:00 PM	3:00	207:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
5/10/2016 11:00 AM	5/10/2016 05:00 PM	6:00	381:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
14/10/2016 03:00 PM	14/10/2016 08:00 PM	5:00	214:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
8/11/2016 02:00 PM	8/11/2016 10:00 PM	8:00	594:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
15/11/2016 06:00 PM	15/11/2016 11:00 PM	5:00	164:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
17/11/2016 03:00 PM	17/11/2016 08:00 PM	5:00	40:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
26/11/2016 01:00 PM	26/11/2016 08:00 PM	7:00	209:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
19/12/2016 11:00 AM	19/12/2016 05:00 PM	6:00	543:00	24	MECÁNICA	GRAPADO
20/12/2016 09:00 AM	20/12/2016 02:00 PM	5:00	16:00	24	MECÁNICA	GRAPADO

REGISTRO DE FALLAS LINEA R17- 2016						
FECHA INICIO	FECHA TERMINO	TOTAL FALLA	TBF	HORAS PROGRAMADAS	TIPO	CUERPO
1/01/2016 12:00 AM	1/01/2016 12:00 AM	0:00	0:00	24		IMPRESOR
6/01/2016 08:00 AM	6/01/2016 11:00 AM	3:00	128:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
13/01/2016 06:00 AM	13/01/2016 12:00 PM	6:00	163:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
14/01/2016 12:00 PM	14/01/2016 04:00 PM	4:00	24:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
15/01/2016 04:00 PM	15/01/2016 06:00 PM	2:00	24:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
6/02/2016 11:00 AM	6/02/2016 04:00 PM	5:00	521:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
9/02/2016 10:00 AM	9/02/2016 03:00 PM	5:00	66:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
9/02/2016 07:00 PM	9/02/2016 10:00 PM	3:00	04:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
12/02/2016 08:00 PM	12/02/2016 10:00 PM	2:00	70:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
2/03/2016 11:00 AM	2/03/2016 10:00 PM	11:00	445:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
14/03/2016 05:00 PM	14/03/2016 08:00 PM	3:00	283:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
15/03/2016 03:00 PM	15/03/2016 05:00 PM	2:00	19:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
18/03/2016 02:00 AM	18/03/2016 01:00 PM	11:00	57:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
22/03/2016 10:00 AM	22/03/2016 12:00 PM	2:00	93:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
2/04/2016 03:00 PM	2/04/2016 07:00 PM	4:00	267:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
15/04/2016 01:00 PM	15/04/2016 03:00 PM	2:00	306:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
16/04/2016 07:00 AM	16/04/2016 10:00 PM	15:00	16:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
19/04/2016 03:00 PM	19/04/2016 09:00 PM	6:00	65:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
12/05/2016 03:00 PM	12/05/2016 08:00 PM	5:00	546:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
14/05/2016 10:00 AM	14/05/2016 11:00 AM	1:00	38:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
18/05/2016 07:00 PM	18/05/2016 09:00 PM	2:00	104:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
19/05/2016 11:00 AM	19/05/2016 02:00 PM	3:00	14:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
10/06/2016 04:00 PM	10/06/2016 06:00 PM	2:00	530:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
11/06/2016 12:00 PM	11/06/2016 06:00 PM	6:00	18:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
12/06/2016 01:00 PM	12/06/2016 04:00 PM	3:00	19:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
19/06/2016 02:00 AM	19/06/2016 12:00 PM	10:00	154:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
9/07/2016 02:00 PM	9/07/2016 06:00 PM	4:00	482:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
12/07/2016 06:00 PM	12/07/2016 09:00 PM	3:00	72:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
17/07/2016 10:00 AM	17/07/2016 04:00 PM	6:00	109:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
18/07/2016 03:00 PM	18/07/2016 06:00 PM	3:00	23:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
18/07/2016 07:00 PM	18/07/2016 10:00 PM	3:00	01:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
16/08/2016 11:00 AM	16/08/2016 02:00 PM	3:00	685:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
17/08/2016 02:00 PM	17/08/2016 06:00 PM	4:00	24:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
18/08/2016 11:00 AM	18/08/2016 03:00 PM	4:00	17:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
8/09/2016 09:00 AM	8/09/2016 02:00 PM	5:00	498:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
10/09/2016 11:00 AM	10/09/2016 03:00 PM	4:00	45:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
17/09/2016 01:00 PM	17/09/2016 03:00 PM	2:00	166:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
5/10/2016 05:00 AM	5/10/2016 03:00 PM	10:00	422:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
12/10/2016 10:00 AM	12/10/2016 11:00 AM	1:00	163:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
14/10/2016 11:00 AM	14/10/2016 01:00 PM	2:00	48:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
16/10/2016 06:00 PM	16/10/2016 07:00 PM	1:00	53:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
5/11/2016 11:00 AM	5/11/2016 03:00 PM	4:00	472:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
7/11/2016 02:00 PM	7/11/2016 06:00 PM	4:00	47:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
16/11/2016 01:00 PM	16/11/2016 05:00 PM	4:00	211:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
6/12/2016 08:00 AM	6/12/2016 10:00 AM	2:00	471:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
9/12/2016 01:00 AM	9/12/2016 04:00 AM	3:00	63:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
11/12/2016 01:00 PM	11/12/2016 02:00 PM	1:00	57:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
12/12/2016 01:00 PM	12/12/2016 03:00 PM	2:00	23:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
18/12/2016 02:00 AM	18/12/2016 05:00 AM	3:00	131:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR
20/12/2016 11:00 AM	20/12/2016 12:00 PM	1:00	54:00	24	MECÁNICA	IMPRESOR

REGISTRO DE FALLAS LINEA R17- 2016						
FECHA INICIO	FECHA TERMINO	TOTAL FALLA	TBF	HORAS PROGRAMADAS	TIPO	CUERPO
1/01/2016 12:00 AM	1/01/2016 12:00 AM	0:00	0:00	24		REFILE
5/01/2016 10:00 AM	5/01/2016 06:00 PM	8:00	106:00	24	MECÁNICA	REFILE
8/01/2016 12:00 PM	8/01/2016 02:00 PM	2:00	66:00	24	MECÁNICA	REFILE
13/01/2016 01:00 PM	13/01/2016 05:00 PM	4:00	119:00	24	MECÁNICA	REFILE
6/02/2016 01:00 PM	6/02/2016 08:00 PM	7:00	572:00	24	MECÁNICA	REFILE
9/02/2016 04:00 PM	9/02/2016 11:00 PM	7:00	68:00	24	MECÁNICA	REFILE
3/03/2016 10:00 AM	3/03/2016 09:00 PM	11:00	539:00	24	MECÁNICA	REFILE
11/03/2016 04:00 AM	11/03/2016 11:00 PM	19:00	175:00	24	MECÁNICA	REFILE
9/04/2016 02:00 AM	9/04/2016 07:00 AM	5:00	675:00	24	MECÁNICA	REFILE
23/04/2016 11:00 AM	23/04/2016 05:00 PM	6:00	340:00	24	MECÁNICA	REFILE
24/04/2016 10:00 AM	24/04/2016 06:00 PM	8:00	17:00	24	MECÁNICA	REFILE
12/05/2016 09:00 AM	12/05/2016 11:00 AM	2:00	423:00	24	MECÁNICA	REFILE
26/05/2016 06:00 AM	26/05/2016 07:00 PM	13:00	331:00	24	MECÁNICA	REFILE
28/05/2016 07:00 PM	28/05/2016 11:00 PM	4:00	48:00	24	MECÁNICA	REFILE
11/06/2016 03:00 PM	11/06/2016 07:00 PM	4:00	328:00	24	MECÁNICA	REFILE
13/06/2016 10:00 AM	13/06/2016 12:00 PM	2:00	39:00	24	MECÁNICA	REFILE
25/06/2016 01:00 PM	25/06/2016 05:00 PM	4:00	289:00	24	MECÁNICA	REFILE
8/07/2016 08:00 AM	8/07/2016 10:00 AM	2:00	303:00	24	MECÁNICA	REFILE
12/07/2016 02:00 AM	12/07/2016 01:00 PM	11:00	88:00	24	MECÁNICA	REFILE
13/07/2016 03:00 PM	13/07/2016 05:00 PM	2:00	26:00	24	MECÁNICA	REFILE
19/07/2016 10:00 AM	19/07/2016 01:00 PM	3:00	137:00	24	MECÁNICA	REFILE
21/07/2016 10:00 AM	21/07/2016 05:00 PM	7:00	45:00	24	MECÁNICA	REFILE
9/08/2016 07:00 PM	9/08/2016 11:00 PM	4:00	458:00	24	MECÁNICA	REFILE
28/08/2016 03:00 PM	28/08/2016 07:00 PM	4:00	448:00	24	MECÁNICA	REFILE
30/08/2016 08:00 AM	30/08/2016 02:00 PM	6:00	37:00	24	MECÁNICA	REFILE
10/09/2016 05:00 PM	10/09/2016 09:00 PM	4:00	267:00	24	MECÁNICA	REFILE
12/09/2016 05:00 PM	12/09/2016 11:00 PM	6:00	44:00	24	MECÁNICA	REFILE
21/09/2016 11:00 AM	21/09/2016 04:00 PM	5:00	204:00	24	MECÁNICA	REFILE
8/10/2016 08:00 AM	8/10/2016 07:00 PM	11:00	400:00	24	MECÁNICA	REFILE
12/10/2016 10:00 AM	12/10/2016 07:00 PM	9:00	87:00	24	MECÁNICA	REFILE
15/10/2016 03:00 AM	15/10/2016 02:00 PM	11:00	56:00	24	MECÁNICA	REFILE
17/10/2016 02:00 PM	17/10/2016 04:00 PM	2:00	48:00	24	MECÁNICA	REFILE
9/11/2016 06:00 PM	9/11/2016 10:00 PM	4:00	554:00	24	MECÁNICA	REFILE
10/11/2016 03:00 PM	10/11/2016 09:00 PM	6:00	17:00	24	MECÁNICA	REFILE
4/12/2016 06:00 AM	4/12/2016 09:00 AM	3:00	561:00	24	MECÁNICA	REFILE
21/12/2016 01:00 PM	21/12/2016 06:00 PM	5:00	412:00	24	MECÁNICA	REFILE
22/12/2016 12:00 PM	22/12/2016 04:00 PM	4:00	18:00	24	MECÁNICA	REFILE
23/12/2016 11:00 AM	23/12/2016 12:00 PM	1:00	19:00	24	MECÁNICA	REFILE

Anexo 2

Variables

Tiempo de Cambio de Bobina en minutos	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Conteo en horas.	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Corta Pliegos en horas.	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Desbobinado en horas.	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Grapado en horas.	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Impresor en horas.	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Refile en horas.	Tiempo entre fallas en el Cuerpo Trozado en horas.
8.2	300:00	38:00	202:00	271:00	128:00	106:00	340:00
8.7	37:00	164:00	91:00	254:00	163:00	66:00	15:00
6.4	20:00	17:00	99:00	28:00	24:00	119:00	409:00
7.8	398:00	517:00	401:00	16:00	24:00	572:00	158:00
6.1	97:00	261:00	164:00	377:00	521:00	68:00	313:00
8.3	66:00	63:00	23:00	27:00	66:00	539:00	440:00
5.9	497:00	381:00	462:00	12:00	04:00	175:00	210:00
7.2	303:00	308:00	313:00	164:00	70:00	675:00	495:00
8.7	15:00	158:00	485:00	428:00	445:00	340:00	363:00
8.7	435:00	12:00	84:00	424:00	283:00	17:00	35:00
6	278:00	472:00	21:00	45:00	19:00	423:00	357:00
9.4	95:00	235:00	159:00	26:00	57:00	331:00	351:00
6.6	169:00	327:00	542:00	521:00	93:00	48:00	22:00
5.4	394:00	261:00	86:00	15:00	267:00	328:00	428:00
8	259:00	16:00	529:00	734:00	306:00	39:00	19:00
7.7	350:00	91:00	184:00	19:00	16:00	289:00	258:00
8.3	164:00	398:00	22:00	41:00	65:00	303:00	388:00
6.4	227:00	294:00	115:00	25:00	546:00	88:00	202:00
5.8	265:00	32:00	336:00	401:00	38:00	26:00	453:00
9.8	126:00	454:00	244:00	326:00	104:00	137:00	40:00
5.2	40:00	21:00	69:00	38:00	14:00	45:00	211:00
6.4	71:00	908:00	402:00	193:00	530:00	458:00	279:00
6.6	492:00	20:00	256:00	260:00	18:00	448:00	17:00
9.1	190:00	20:00	36:00	734:00	19:00	37:00	258:00
6.6	261:00	08:00	454:00	217:00	154:00	267:00	570:00
9.8	270:00	410:00	254:00	278:00	482:00	44:00	257:00
7.3	147:00	94:00	67:00	69:00	72:00	204:00	315:00
8.4	105:00	640:00	355:00	207:00	109:00	400:00	450:00
9.6	385:00	207:00	138:00	381:00	23:00	87:00	323:00
6.4	206:00	455:00	592:00	214:00	01:00	56:00	264:00
9.1	15:00	62:00	19:00	594:00	685:00	48:00	
6.2	527:00	41:00	266:00	164:00	24:00	554:00	
5.7	209:00	171:00	477:00	40:00	17:00	17:00	
6.5	45:00	350:00	259:00	209:00	498:00	561:00	
5	490:00	455:00		543:00	45:00	412:00	
6.6	264:00	41:00		16:00	166:00	18:00	
5.7	14:00				422:00	19:00	
9.6	26:00				163:00		
6.9					48:00		
7.1					53:00		
7.7					472:00		
8.1					47:00		
9.5					211:00		
5.7					471:00		
9.5					63:00		
5.4					57:00		
6.5					23:00		
7.6					131:00		
7.7					54:00		
7.5							

Anexo 3

Variables

Tiempo de falla en el Cuerpo Conteo en horas.	Tiempo de falla en el Cuerpo Corta Pliegos en horas.	Tiempo de falla en el Cuerpo Desbobinado en horas.	Tiempo de falla en el Cuerpo Grapado en horas.	Tiempo de falla en el Cuerpo Impresor en horas.	Tiempo de falla en el Cuerpo Refile en horas.	Tiempo de falla en el Cuerpo Trozado en horas.
7:00	4:00	3:00	12:00	3:00	8:00	7:00
3:00	2:00	4:00	2:00	6:00	2:00	6:00
12:00	10:00	3:00	4:00	4:00	4:00	3:00
2:00	7:00	2:00	6:00	2:00	7:00	12:00
4:00	3:00	7:00	7:00	5:00	7:00	2:00
4:00	7:00	5:00	2:00	5:00	11:00	20:00
15:00	12:00	13:00	9:00	3:00	19:00	5:00
7:00	2:00	5:00	7:00	2:00	5:00	2:00
5:00	12:00	5:00	4:00	11:00	6:00	3:00
1:00	9:00	2:00	2:00	3:00	8:00	12:00
6:00	4:00	4:00	4:00	2:00	2:00	6:00
2:00	6:00	5:00	3:00	11:00	13:00	3:00
5:00	14:00	12:00	7:00	2:00	4:00	3:00
4:00	2:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00
14:00	8:00	2:00	11:00	2:00	2:00	3:00
4:00	3:00	3:00	4:00	15:00	4:00	5:00
10:00	5:00	6:00	7:00	6:00	2:00	6:00
3:00	3:00	5:00	4:00	5:00	11:00	6:00
2:00	6:00	6:00	5:00	1:00	2:00	7:00
2:00	4:00	12:00	3:00	2:00	3:00	6:00
4:00	5:00	6:00	6:00	3:00	7:00	5:00
4:00	2:00	12:00	9:00	2:00	4:00	12:00
2:00	9:00	3:00	4:00	6:00	4:00	5:00
8:00	4:00	6:00	8:00	3:00	6:00	4:00
8:00	5:00	5:00	4:00	10:00	4:00	2:00
10:00	7:00	12:00	4:00	4:00	6:00	11:00
4:00	7:00	4:00	7:00	3:00	5:00	4:00
10:00	4:00	5:00	3:00	6:00	11:00	4:00
2:00	5:00	7:00	6:00	3:00	9:00	4:00
10:00	3:00	3:00	5:00	3:00	11:00	4:00
3:00	6:00	3:00	8:00	3:00	2:00	
10:00	1:00	2:00	5:00	4:00	4:00	
2:00	5:00	6:00	5:00	4:00	6:00	
3:00	2:00	6:00	7:00	5:00	3:00	
2:00	5:00		6:00	4:00	5:00	
12:00	5:00		5:00	2:00	4:00	
2:00				10:00	1:00	
2:00				1:00		
				2:00		
				1:00		
				4:00		
				4:00		
				4:00		
				2:00		
				3:00		
				1:00		
				2:00		
				3:00		
				1:00		

Anexo 4

Plan de mantenimiento propuesto

PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO													
Mes	Mantenimiento preventivo					Total horas por mantto preventivo	N° de paradas	Horas de Operación		MTBF	MTTR	Disponibilidad Real	Disponibilidad Requerida (93%)
	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral			Real	Planificado				
ENERO	30	10	2	3		45	32	566	610	17.7	1.4	92.7%	93.0%
FEBRERO	28	10	2			40	31	570	610	18.4	1.3	93.4%	93.0%
MARZO	30	10	2		3	45	32	565	610	17.7	1.4	92.6%	93.0%
ABRIL	30	10	2	3		45	32	566	610	17.7	1.4	92.7%	93.0%
MAYO	30	10	2			42	31	568	610	18.3	1.4	93.1%	93.0%
JUNIO	30	10	2			42	31	568	610	18.3	1.4	93.1%	93.0%
JULIO	30	10	2	3		45	32	566	610	17.7	1.4	92.7%	93.0%
AGOSTO	30	10	2			42	31	568	610	18.3	1.4	93.1%	93.0%
SEPTIEMBRE	30	10	2		3	45	32	565	610	17.7	1.4	92.6%	93.0%
OCTUBRE	30	10	2	3		45	32	566	610	17.7	1.4	92.7%	93.0%
NOVIEMBRE	30	10	2			42	31	568	610	18.3	1.4	93.1%	93.0%
DICIEMBRE	30	10	2			42	31	538	580	17.4	1.4	92.8%	93.0%
TOTAL	358	120	24	10	6	518	378	6772	7290	17.9	1.4	93%	93%

