UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE MEJORA PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS DE PARADAS
NO PROGRAMADAS DE LOS BUSES EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE
PÚBLICO A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA RCM Y UN MANTENIMIENTO
AUTONOMO”**

TESIS

PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL:

AUTOR

DURAND DELGADO, HAROLD NOE

(0000-0001-9537-4985)

ASESOR DE TESIS

LLONTOP JESUS, JOSE ALBERTO

(0000-0002-5852-1269)

Lima, 30 de setiembre de 2018

Dedico esta tesis a mi padre José Durand por todo su sacrificio que realiza día a día para que sus cuatro hijos sean grandes profesionales. Además, a mi madre Noemí Delgado por siempre tener la confianza en mí y brindarme su cariño incondicional.

RESUMEN

Consortio Transporte Arequipa S.A., es una empresa de transporte público que participó y ganó la licitación para circular por las rutas del corredor complementario N° 03; “Corredor Azul”.

Cuenta con una flota de buses que circulan de manera periódica durante todos los días. Debido a diversas averías funcionales de los buses, estos quedan inoperativos en las horas programadas de trabajo y ocasionan tiempos muertos que disminuye los ingresos de la empresa e incurrir en costos de reparación, estas paradas son ocasionadas en 67% del total por averías mecánicas.

El presente proyecto de mejora tiene como objetivo disminuir los tiempos de paradas no programadas ocasionadas por fallas mecánicas, por lo que se aplicará una metodología de mantenimiento basado en confiabilidad y un mantenimiento autónomo. Para obtener estas mejoras se realizó un análisis de los buses más críticos, un análisis de modo y efecto de fallo (AMFE) y se implementó las 5 “s”.

Palabras Claves: Confiabilidad, AMFE, Mantenimiento autónomo

ABSTRACT

Consortio Transporte Arequipa S.A., is a public transport company which participated and won the tender to circulate by routes of supplementary racer N ° 03; “Corredor Azul”.

It has a fleet of buses that circulate on a regular basis every day. Due to different functional faults of buses, these are rendered ineffective in the scheduled hours of work and they cause downtimes which decreases company revenues and incurred in repair costs, these stops are caused in 67% of the total by mechanical breakdowns.

This improvement project aims to decrease the times of unscheduled stops ocasionaras by mechanical failuresby which applies a methodology of maintenance based on reliability and autonomous maintenance. To achieve these improvements an analysis of the most critical buses, an analysis of the mode and effect of failure (FMEA) was conducted and implemented the 5 "s".

Key Words: Reliability, FMEA, Autonomous Maintenance

1 Tabla de contenido

Introducción	7
Capítulo 1 – Marco teórico	12
1.1 Total Productive Management (TPM)	12
1.1.1 Objetivos	12
1.1.2 Pilares.....	13
1.2 Mantenimiento autónomo	13
1.2.1 Limpieza e inspección.....	14
1.2.2 Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles	15
1.2.3 Estándares de limpieza y lubricación.....	16
1.2.4 Inspecciones general	17
1.2.5 Inspección autónoma	17
1.2.6 Orden y limpieza del lugar de trabajo.....	17
1.2.7 Implantación plena del área de trabajo	18
1.3 Reliability-Centered Maintenance - RCM	18
1.3.1 Objetivó.....	18
1.3.2 Etapas	18
1.3.3 ¿Cómo implementar RCM?	19
1.3.4 Funciones y Parámetros Funcionales.....	19
1.3.5 Fallas Funcionales.....	19
1.3.6 Modo de Falla	19
1.3.7 Efectos de Falla.....	20
1.3.8 Consecuencia de la falla.....	20
1.3.9 Pasos para implementar RCM	20
1.4 Análisis de Criticidad.....	22
1.5 Análisis de Modo y Efecto de Falla - AMFE	23
1.5.1 Historia.....	23
1.5.2 Definición	23
1.5.3 Objetivos	24
1.5.4 Beneficios	24
1.5.5 Tipos	25
1.5.6 Conceptos.....	25
1.6 Estado del Arte.....	28
1.6.1 Disponibilidad o Disposición.....	28
1.6.2 Importancia del AMFE	29
1.6.3 Importancia de la criticidad	29
1.6.4 Sistema De Transporte – Colombia	30
1.6.5 Confiabilidad- Disponibilidad y Mantenibilidad	32
1.6.6 RCM-TPM-BCM.....	33
1.6.7 Disponibilidad a partir de la confiabilidad.....	34
1.7 Casos de Éxito.....	36
1.7.1 Caso G y M SA.....	36
1.7.2 Caso Whirlpool	37
1.7.3 Caso Pesquera Hayduk S.A	39
1.8 Marco Legal	41
2 Capítulo 2 Análisis y diagnóstico del proceso actual	43

2.1	Descripción del sector y la empresa.....	43
2.1.1	Descripción del sector	43
2.1.2	Descripción de la empresa	44
2.1.3	Mantenimiento de bus	50
2.1.4	Descripción del problema	57
2.1.5	Objetivos	72
2.1.6	Delimitación de la tesis	72
2.1.7	Análisis del problema	73
2.1.8	Hipótesis del Problema	76
2.1.9	Cronograma de la propuesta	76
3	Capítulo 3 – Planteamiento de la propuesta de solución	77
3.1	Implementación de las 5 “S”	77
3.1.1	Clasificación - Seiri.....	77
3.1.2	Organizar -Seiton	83
3.1.3	Limpieza -Seiso	86
3.1.4	Estandarización -Seiketsu	87
3.1.5	Disciplina – Shitsuke	89
3.2	Implementación del mantenimiento autónomo.....	90
3.2.1	Primera etapa – Limpieza Inicial	90
3.2.2	Segunda etapa - Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles....	92
3.2.3	Tercera etapa - Estándares de limpieza y lubricación.....	94
3.2.4	Cuarta etapa - Inspección general	96
3.2.5	Quinta etapa - Inspección autónoma.....	97
3.2.6	Sexta etapa - Orden y limpieza del lugar de trabajo	99
3.2.7	Séptima etapa-Implantación plena del área de trabajo	99
3.3	Implementación del RCM.....	101
3.3.1	Fase 0: Conformación del equipo de trabajo RCM	101
3.3.2	Fase 1: Identificación de los subsistemas	102
3.3.3	Fase 2: Codificación y listado de todos componentes de los subsistemas..	103
3.3.4	Fase 3: Elaboración de la matriz de análisis de modos y efectos de falla ..	108
3.3.5	Fase 4: Elaboración de las rutinas de mantenimiento	116
3.3.6	Fase 5: Puesta en marcha de las medidas preventivas	117
3.3.7	Fase 6: Control de los resultados obtenidos.....	120
3.4	Costos del proyecto	121
3.4.1	Costos e inversión implementación 5 “s”	122
3.4.2	Costos e inversión implementación mantenimiento autónomo	123
3.4.3	Costos e inversión implementación metodología RCM	124
4	Capítulo 4 – Validación dela solución de ingeniera	130
4.1	Evaluación económica del proyecto	130
5	Conclusiones y recomendaciones	134
5.1	Conclusiones	134
5.2	Recomendaciones	135

Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Análisis ¿Por qué? ¿Por qué?.....	16
<i>Figura 2</i> Cálculo de la Consecuencia	22
<i>Figura 3</i> Cálculo de la Criticidad	22
<i>Figura 4</i> Corredores Complementarios - Lima Metropolitana.....	44
<i>Figura 5</i> Mapa de ubicación	45
<i>Figura 6</i> Organigrama de la Empresa.....	46
<i>Figura 7</i> Layout del Patio 01 y 02	47
<i>Figura 8</i> Colaboradores de la empresa	47
<i>Figura 9</i> Unidades de propiedad de la empresa y sub contratada	48
<i>Figura 10</i> Consumo total combustible - Miles soles	49
<i>Figura 11</i> Distribución por tipo de combustible.....	50
<i>Figura 12</i> Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo	52
<i>Figura 13</i> Frecuencia de mantenimientos de preventivos	53
<i>Figura 14</i> Estado de mantenimientos preventivos.....	53
<i>Figura 15</i> Diagrama de flujo del mantenimiento correctivo	54
<i>Figura 16</i> Ocurrencia de mantenimientos correctivos.....	55
<i>Figura 17</i> Kilómetros ejecutados vs programados julio 2017 a junio 2018 (Miles)	56
<i>Figura 18</i> Porcentaje de Kilómetros ejecutados vs programados	56
<i>Figura 19</i> Tiempos de Parada Julio 2017 a Junio 2018- Horas.....	57
<i>Figura 20</i> Tiempo de paradas programadas y no programadas – Horas	58
<i>Figura 21</i> Participación de paradas programadas y no programadas	58
<i>Figura 22</i> Paradas programadas julio 2017 a junio 2018 – Porcentaje total del tiempo	59
<i>Figura 23</i> Pareto de paradas no programadas.....	64
<i>Figura 24</i> Pareto de problemas mecánicos julio 2017 a junio 2018.....	66
<i>Figura 25</i> Disponibilidad.....	67
<i>Figura 26</i> Tiempo Medio de Reparación MTTR- Horas.....	68
<i>Figura 27</i> Tiempo Medio entre fallos MTBF – Horas	69
<i>Figura 28</i> Disponibilidad de buses de la empresa	69
<i>Figura 29</i> Ingresos por kilómetros ejecutados y programados- millones-soles	70
<i>Figura 30</i> Ingreso promedio por hora.....	71
<i>Figura 31</i> Cronograma de Actividades.....	76
<i>Figura 32</i> Flujograma de clasificación de elementos	78
<i>Figura 33</i> Tarjeta de clasificación	79
<i>Figura 34</i> Formato de tarjeta verde para clasificación	80
<i>Figura 35</i> Volkswagen 17.210 OD.....	103
<i>Figura 36</i> Matriz de criticidad.....	106
<i>Figura 37</i> Número de buses - Nivel de Criticidad.....	107
<i>Figura 38</i> Unidades con nivel alto de criticidad.....	107
<i>Figura 39</i> Formato de rutina de mantenimiento	117
<i>Figura 40</i> Afiche de lanzamiento del RCM	118

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Datos generales – Un bus</i>	45
Tabla 2 <i>Costos de Actividades de Operación Mensual - Soles</i>	49
Tabla 3 <i>Personal mantenimiento</i>	51
Tabla 4 <i>Paradas no programadas julio 2017 a junio 2018 – Porcentaje del total</i>	61
Tabla 5 <i>Problemas mecánicos de los buses julio 2017 a junio 2018</i>	65
Tabla 6 <i>Análisis cinco ¿Por qué?</i>	74
Tabla 7 <i>Formato de resumen de clasificación</i>	80
Tabla 8 <i>Resumen de formato de clasificación de elementos necesarios</i>	81
Tabla 9 <i>Formato de publicación de control de piezas innecesarias del área</i>	82
Tabla 10 <i>Formato de inventario de maquina o equipos</i>	84
Tabla 11 <i>Factorización de criterios de localización</i>	85
Tabla 12 <i>Formato de limpieza de máquina</i>	86
Tabla 13 <i>Formato de procedimiento de limpieza de máquina</i>	87
Tabla 14 <i>Responsable de limpieza</i>	88
Tabla 15 <i>Programa de limpieza</i>	88
Tabla 16 <i>Capacitación 5 "s" - Mantenimiento</i>	90
Tabla 17 <i>Cronograma implementación 5 "s"</i>	90
Tabla 18 <i>Capacitación 5 "s" - Conductores</i>	91
Tabla 19 <i>Programa de limpieza de buses</i>	92
Tabla 20 <i>Formato de sugerencias para disminuir la contaminación</i>	93
Tabla 21 <i>Capacitaciones diseño y mejoramiento de estándares</i>	94
Tabla 22 <i>Estándar de limpieza y lubricación</i>	95
Tabla 23 <i>Formato de la inspección de actividades</i>	97
Tabla 24 <i>Evaluación de estándares actuales</i>	98
Tabla 25 <i>Formato para auditoria de mantenimiento autónomo</i>	100
Tabla 26 <i>Rango de valores - Frecuencia de averías</i>	104
Tabla 27 <i>Rango de valores – Impacto operacional</i>	104
Tabla 28 <i>Rango de valores – Flexibilidad operacional</i>	105
Tabla 29 <i>Rango de valores – Costo de mantenimiento</i>	105
Tabla 30 <i>Rango de valores – Impacto energético</i>	106
Tabla 31 <i>Tabla de severidad</i>	109
Tabla 32 <i>Tabla de ocurrencia</i>	110
Tabla 33 <i>Tabla de detección</i>	110
Tabla 34 <i>Tabla de AMEF ABC-806</i>	111
Tabla 35 <i>Tabla de AMEF ALD-817</i>	112
Tabla 36 <i>Tabla de AMEF ALD-731</i>	113
Tabla 37 <i>Tabla de AMEF ABI-861</i>	114
Tabla 38 <i>Tabla de AMEF ABB-844</i>	115
Tabla 39 <i>Plan de capacitaciones - RCM</i>	119
Tabla 40 <i>Cronograma de Proyecto - RCM</i>	120
Tabla 41 <i>Auditoria de la implementación RCM</i>	121
Tabla 42 <i>Remuneración entrenamiento 5 "s"</i>	122

Tabla 43 <i>Inversión de entrenamiento en 5 "s"</i>	122
Tabla 44 <i>Remuneración entrenamiento mantenimiento autónomo"</i>	123
Tabla 45 <i>Inversión de entrenamiento en mantenimiento autónomo</i>	124
Tabla 46 <i>Remuneración del equipo RCM</i>	124
Tabla 47 <i>Inversión totales - Fase Cero</i>	125
Tabla 48 <i>Costos totales - Fase Diagnostico</i>	126
Tabla 49 <i>Costos totales - Fase Implementación</i>	126
Tabla 50 <i>Costos totales - Fase Ejecución</i>	127
Tabla 51 <i>Costos Totales - Fase Evaluación</i>	127
Tabla 52 <i>Costos Totales - Fase Estandarización</i>	128
Tabla 53 <i>Inversión Total</i> -.....	129
Tabla 54 <i>Costos Totales</i>	129
Tabla 55 <i>Costo de oportunidad de las paradas no programadas</i>	130
Tabla 56 <i>VAN y TIR 2018- 2019</i>	132

Introducción

Hoy en día, la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) tienen como proyecto implementar un Sistema Integrado De Transporte (SIT) con los objetivos de reducir el número de rutas de transporte actuales, renovar la flota vehicular, retirar de circulación vehículos con muchos años de antigüedad o con poca capacidad de pasajeros e integrarse con los demás sistemas de transporte masivo como el Metropolitano y el Metro.

El SIT está compuesto por cinco corredores complementarios y que cada uno tiene requisitos, condiciones y restricciones que deben cumplir. Estos se encuentran estipulados en sus contratos y fiscalizados por la MML. Además, se estableció dos periodos, una fase de pre operación y operación. Durante la primera se tiene que buscar todas las mejoras posibles para cumplir con los lineamientos de la empresa, debido a que durante la etapa de operación se incurrirá en penalidades. Es así, que se ven obligadas a buscar mejoras en los procesos internos y así estar preparadas para cuando la MML inicie la segunda fase.

La empresa que se desarrolla la tesis se encuentra bajo los lineamientos de ser un “corredor complementario” y tiene la necesidad de evaluar alternativas de mejora para no verse afectado por penalidades y además mejorar sus ingresos. Por lo que, se desarrolla un análisis de las paradas programadas y no programadas, encontrando problemas con los tiempos perdidos por fallas mecánicas. Es así, que se analizó las posibles alternativas de mejora y se decidió implementar la metodología RCM y mantenimiento autónomo.

Por lo que, la tesis consta de cinco capítulos que marcan las pautas necesarias para poder realizar estas implementaciones.

- Capítulo 01, presentar las bases teóricas, estado del arte, casos de éxito y marco legal.
- Capítulo 02, realizar un diagnóstico de la empresa, investigar la situación problemática, indicar las metodologías a utilizar, formular una hipótesis del problema y presentar el cronograma del proyecto.
- Capítulo 03, evaluar las metodologías y desarrollar la más idónea.
- Capítulo 04, evaluar los resultados de la propuesta de mejora y realizar un análisis económico.
- Capítulo 05, presentar las conclusiones y recomendaciones de las mejoras.

Capítulo 1 – Marco teórico

1.1 Total Productive Management (TPM)

El TPM del castellano Mantenimiento productivo total, sus orígenes se dieron en el sector automovilístico en los Estados Unidos por los años setenta. Para lograr el TPM, se tuvo que pasar por tres fases previas que fueron mantenimiento de reparación, mantenimiento preventivo y mantenimiento productivo (Lefcovivh, 2009).

1.1.1 Objetivos

Según Gomez (2011), los objetivos de la implementación de TPM en una empresa son:

1.1.1.1 Objetivos Estratégicos. -

Son considerados debido a la mejora en la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad, capacidad de respuesta y reducción de costos. (Lopez, 2009)

1.1.1.2 Objetivos Operativos.

Debido a la mejora de la confiabilidad de los equipos, eliminando las averías y fallos o toda clase de pérdidas, obteniendo así la verdadera capacidad industrial instalada. (Lopez, 2009)

1.1.1.3 Objetivos Organizativos

Esta implementación permite crear un espacio donde cada trabajador pueda aportar lo mejor de sí y el lugar de trabajo sea un entorno creativo, seguro, productivo y sea realmente grato. (Gomez, 2011)

1.1.2 Pilares

Los pilares para una implementación del TPM, según Mora, 2009 son los siguientes:

- Mejoras Enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento de la calidad
- Mantenimiento temprano
- Mantenimiento de las áreas administrativas
- Entrenamiento, educación, capacitación y crecimiento
- Seguridad, higiene y medio ambiente.

1.2 Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es uno de las etapas de las condiciones para la implementación del TPM. Según Kunio Shirose, 2000; el mantenimiento autónomo es enseñar a los operarios como mantener sus equipos por medio de la realización de chequeos diarios, lubricación, reposición de elementos, reparaciones, chequeos de precisión y otras tareas de mantenimiento, incluyendo la detección temprana de anomalías.

Por otro lado, Nakajima, Seiichi, 1993; considera como única característica el mantenimiento autónomo del Mantenimiento Productivo Total (MPT), que consiste en que sus operarios realicen actividades como inspección, lubricación, y limpieza, adicionalmente el operario debe hacerse responsable de su propio equipo

Finalmente, Masaju, Fumio, 1992; menciona que el Mantenimiento Autónomo tiene dos significados: Desde una perspectiva humana es desarrollar del conocimiento de los operarios en beneficio de sus actividades definidas en sus roles de trabajo y desde la perspectiva del equipamiento es establecer una ordenada área de trabajo donde algún departamento que labore en condiciones normales pueda detectar los defectos

Por ende, podemos concluir que el mantenimiento autónomo es un conjunto de actividades que el operario tiene que realizar en los equipos que utilizan. Estas consisten en la revisión, lubricación e inspección de sus equipos y así poder lograr alargar el tiempo de vida

A continuación, se presenta los siete pasos propuestos por el Dr. Nakajima para aplicar el mantenimiento autónomo.

1.2.1 Limpieza e inspección

La limpieza se refiere a las actividades de remover completamente alguna substancia extraña como mugre, grasa, viruta, polvo, residuos que adhieren al equipo, herramienta y plantillas. No solo la alta dirección y operarios de producción deben estar involucrados en soportar las áreas de trabajo, sino que también lo están todos los trabajadores de la empresa como mantenimiento,

ingenieros de planta y el departamento de calidad, además deben aprender en la práctica cosas sobre el equipo como defectos escondidos y como resolver los defectos menores

Identificar fuentes de defectos como falta de tuercas, tornillos o en su defecto el aflojamiento de algún elemento del equipo, muchas veces la suciedad nos indica un probable defecto. Por ello es necesario eliminar todas aquellas partículas extrañas que se le adhieran al equipo.

La limpieza nos permite hacer una inspección, durante su desarrollo, el operario toca las partes del equipo y le permite incrementar las posibilidades de que halle los defectos escondidos, que son fáciles de identificar en un equipo libre de contaminantes reduciendo los grandes defectos provocados por aquellos que se presentan a menor escala (Garcia, 2013).

1.2.2 Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles

En este paso deben adoptarse medidas para eliminar la contaminación y las fugas de aceites aire, polvo, suciedad, en caso de no lograrse exitosamente este paso se tendrá que desarrollar una serie de procedimientos más específicos sobre cómo llevar a cabo la limpieza y eliminar el o los problemas.

Deben también reemplazarse las piezas deterioradas o gastadas, claro que si es necesario se pueden modificar las partes del equipo para hacer las inspecciones más sencillas y poder eliminar las fuentes de defectos. Existe una forma de encontrar esas fuentes, el análisis, que se conoce como por qué, por qué, y consiste en preguntarse: Esta se muestra en la figura 1 (Garcia, 2013).

Figura 1 Análisis ¿Por qué? ¿Por qué?

Fuente: NAKAJIMA, Seiichi. 1993. Introducción al TPM. Ed. TGP. 3ª Edición. Madrid.

1.2.3 Estándares de limpieza y lubricación

Para éste paso se generan círculos de trabajo que se dedican a establecer estándares para un trabajo de mantenimiento básico, rápido y efectivo para esquivar el o los deterioros posibles. Claro que estos estándares serán fijados por personal experto que determina que piezas del equipo, cuando deben limpiarlas y lubricarlas y como debe llevarse a la práctica.

Establecer claramente el o los lubricantes a usar, así como también deberá de indicar los lugares exactos de donde se debe lubricar sin olvidar la cantidad requerida en cada parte del equipo (Garcia, 2013).

1.2.4 Inspecciones general

Para este paso es necesario realizar un entrenamiento en inspección y desarrollar procedimientos que le corresponden, debido a que del paso uno al tres evitan el deterioro del equipo y controlan las condiciones básicas de mantenimiento del mismo. Aquí es necesario que se entrene a los operarios para que adquieran habilidades de inspección. Es necesario inducir a los operarios en conocimientos que vallan de acuerdo con el funcionamiento del equipo, para que sean capaces de identificar y resolver problemas menores (Garcia, 2013).

1.2.5 Inspección autónoma

En este paso es necesario conducir las inspecciones generales regularmente y mejorar los procedimientos de inspección, por ello se desarrollan y utilizan hojas de control de mantenimiento autónomo, así como estándares para rutinas de inspección interna. Al lograr que el operario ejecute este paso correctamente se obtendrán las mejoras con mayor facilidad (Garcia, 2013).

1.2.6 Orden y limpieza del lugar de trabajo

En este paso se debe ordenar el área de trabajo y organizarla, así como estandarizar los requerimientos de orden, limpieza y seguridad. Aquí los directores y supervisores complementan la implantación del mantenimiento autónomo evaluando el rol de los operarios y definiendo sus responsabilidades, como la experiencia que deben tener para evitar los defectos que puedan presentarse (Garcia, 2013).

1.2.7 Implantación plena del área de trabajo

En este paso se necesita participar en las actividades avanzadas de mejora, desarrollar las metas de la compañía, además de realizar las auditorías de las actividades que los operarios deben llevar a cabo y en caso de ser necesario se implementaran las mejoras pertinentes (Garcia, 2013).

1.3 Reliability-Centered Maintenance - RCM

Este acrónimo viene de las siglas del inglés Reliability Centered Maintenance, que traducida al español es Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, esta es una metodología disponible por más de 30 años. Se ha demostrado que nos brinda una estrategia eficiente para optimizar el mantenimiento preventivo.

1.3.1 Objetivo

El objetivo principal es la reducción de los costos de mantenimiento y al mismo tiempo aumentar la confiabilidad y seguridad de los equipos.

1.3.2 Etapas

El procedimiento consta de dos etapas:

- La primera es un análisis inductivo de los fallos potenciales, en el cual típicamente se utiliza una variante del modo de fallo, efectos y análisis de criticidad, para determinar los componentes críticos del sistema
- Segunda es la aplicación de los diagramas de decisión lógica llamada lógica de RCM, para especificar las categorías adecuadas del mantenimiento preventivo. (Vatn, 2008)

1.3.3 ¿Cómo implementar RCM?

Para implementar un sistema de mantenimiento RCM se debe contestar siete preguntas del activo o sistema. (Moubray, 1991), que serán desarrolladas a continuación:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre una falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

1.3.4 Funciones y Parámetros Funcionales

Consisten en definir las funciones de cada activo en su contexto operacional y los parámetros de funcionamiento deseado.

1.3.5 Fallas Funcionales

Son los estados cuando un sistema no puede cumplir las funciones en relación a los parámetros que el usuario lo requiere.

1.3.6 Modo de Falla

Una vez identificado la falla funcional, se debe identificar todos los hechos de manera coherente que pueden haber causado cada esta de falla.

1.3.7 Efectos de Falla

Consiste en listar todos los efectos que ha ocasionado un modo funcional, tiene que incluir toda información necesaria para poder evaluar las consecuencias.

1.3.8 Consecuencia de la falla

Cada modo de falla afecta de forma directa o indirecta a la empresa, lo que ocasiona una consecuencia. En RCM se dividen las consecuencias en:

- Consecuencias de fallas ocultas
- Consecuencias ambientales y para la seguridad
- Consecuencias operacionales
- Consecuencias no operacionales

El proceso de evaluación de consecuencias nos permite tener una idea más amplia en prevenir las fallas, existen dos técnicas para manejar las fallas:

- Tareas Proactivas: Se refiere al reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.
- Acciones a falta de: Es la busque de fallas, rediseño y mantenimiento a rotura.

1.3.9 Pasos para implementar RCM

Previo a iniciar una implementación de RCM se debe contar con el registro de todos los activos físicos que serán sometidos al proceso de revisión.

1.3.9.1 Planeamiento

Se debe decidir cuáles serán los activos, a ser beneficiados por la metodología RCM, evaluar los recursos necesarios, asignar al responsable de auditar los procesos para que reciba la capacitación debida. Por último, asegurar que el contexto operacional está claramente definido.

1.3.9.2 Grupos de revisión

Debido a que el RCM en sus siete preguntas de implementación aborda temas que un personal de mantenimiento no pudiese responder. Se tiene que asignar grupos de revisión mixtos que permitan responder a las preguntas, además todos deben estar capacitado en RCM.

1.3.9.3 Facilitadores

Los grupos de revisión previamente organizados son liderados por lo que se denominan como facilitadores. Siendo ellos los que tienen que asegurar que se cumplan los tiempos, que sea aplicado de forma correcta el RCM.

1.3.9.4 Resultados

Se debe obtener como resultados, nuevos planes de mantenimiento, procedimientos de operaciones y una lista de cambios que deben hacerse al activo. Por otro lado, se obtiene resultados menos tangibles, que es el conocimiento por parte de los participantes de cómo funciona el equipo y de trabajar mejor en grupo.

1.3.9.5 Auditoría e implementación

Los gerentes responsables de los equipos tienen como función, evaluar que las sugerencias de los grupos sean razonables y defendibles. Luego de aprobar y realizar los cambios según sus recomendaciones, se tiene que incorporar estos a las operaciones.

1.4 Análisis de Criticidad

Es una metodología que nos permite jerarquizar procesos, sistemas o equipos de acuerdo a su importancia y el impacto que estos podrían ocasionar en el caso que fallaran. Antes de establecer que un elemento es más crítico que otro se debe de definir los criterios de evaluación y el peso ponderado de los mismos. Para realizar el cálculo de la criticidad se utilizan las fórmulas que se muestran en la figura 2 y 3.

Figura 2 Cálculo de la Consecuencia

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 3 Cálculo de la Criticidad

Fuente: Elaboracion Propia

1.5 Análisis de Modo y Efecto de Falla - AMFE

1.5.1 Historia

AMFE, FMEA o FMECA es un vástago del procedimiento militar MIL-P-1629, titulado “Procedimientos para realizar un modo de fallo, los efectos y análisis de la criticidad”, con fecha el 9 noviembre de 1949. Fue utilizada originalmente como técnica de la confiabilidad para determinar el efecto de los incidentes del sistema y de equipo. Los incidentes fueron clasificados según su impacto en éxito de la misión y seguridad del personal/del equipo.

Posteriormente, fue desarrollado y aplicado más a fondo por la NASA en la década de los años sesenta para mejorar y para verificar la confiabilidad de la dotación física del programa del espacio. Para luego tener su auge en la década de los setenta en las empresas de sector automovilísticos.

1.5.2 Definición

El AMEF es una herramienta muy poderosa que permite identificar en productos y procesos y evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentario de prevención.

Además, el AMEF es un documento vivo en el que podemos almacenar una gran cantidad de datos sobre nuestros procesos y productos, por lo que constituye una fuente invaluable de información.

1.5.3 Objetivos

El análisis de modo y efecto de falla tiene como principal objetivo la mejora de la calidad para satisfacer las necesidades del cliente y disminuir costo.

- Predecir los fallos potenciales que se podrían dar durante el diseño y fabricación, y detectar las causas.
- Disponer los medios, establecer acciones preventivas y correctivas para evitar que se puedan producir los fallos, y obtener mayor fiabilidad de los proyectos, procesos y medios de producción.
- Familiarizar y educar al personal en el trabajo en equipo, con el fin de que sean ellos mismos los que prevean los fallos, detecten las causas, propongan acciones preventivas y valoren los resultados.

1.5.4 Beneficios

Reducción del tiempo de lanzamiento y del coste, al no producirse fallos, no es necesario los rediseños y las modificaciones, elimina gran parte de los ensayos y pruebas, etc. Además, mejora continua de la calidad, aprovechando el potencial humano, la recopilación metódica de la información, la posibilidad de participación del personal, teniendo en cuenta que, por medio del AMFE, se obtiene una visión global del proceso.

1.5.5 Tipos

1.5.5.1 De Diseño

Consiste en detectar durante las fases iniciales del proceso de diseño, cualquier problema que pueda afectar el resultado final del producto. Desde el abastecimiento de materia prima, el(los) proceso(s) de producción hasta la aplicación del producto.

1.5.5.2 De Proceso

Se centra en el proceso de fabricación o realización del servicio, para garantizar el buen funcionamiento del proceso y en consecuencia, obtener un producto o servicio fiable.

1.5.5.3 De Medios

Este abarca todos los departamentos involucrados tanto en su elaboración como su utilización, y así obtener la mayor disponibilidad de sus medios de producción y mantenimiento. Su aplicación ha de ser rápida y eficaz y se debe realizar para elementos o sistemas que sean susceptibles de producir fallos.

1.5.6 Conceptos

1.5.6.1 Modo de fallo

Se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño o proceso. Tienen que ser términos físicos o técnicos no como síntoma detectable.

1.5.6.2 Causas potenciales de fallo

La causa o causa potencial del modo de fallo se refiere al origen del mismo y constituye en el indicio de una debilidad del diseño.

1.5.6.3 Frecuencia

Se considera como la repetitividad potencial u ocurrencia del fallo o llamada en algunos casos como la probabilidad de aparición del fallo. Algunas acciones mejoras seria incrementar o mejorar los sistemas de control.

1.5.6.4 Gravedad

Es el daño que normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión o se considera también el daño máximo esperado y este es asociado a su probabilidad de generación. Las medidas para minimizar son correcciones de diseño y sistemas redundantes.

1.5.6.5 Detectabilidad

Se trata de averiguar cuan probable es que no lo “detectemos”. Para mejorar este índice se puede tomar dos acciones que es incrementar o mejorar los sistemas de control de calidad o modifica el diseño.

1.5.6.6 Número de prioridad de riesgo (NPR).

Es el producto de la valoración de la frecuencia, gravedad y detección. Este es el valor que se utiliza para priorizar la criticidad del producto o proceso a analizar y luego ser ordenados por orden de importancia.

Una vez calculado el Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR) y estimar su peso relativo. Con este análisis, será posible tomar decisiones y definir qué tipo de mantenimiento o acción adoptar con respecto a los sistemas, subsistemas componentes del vehículo y situaciones que se pueden presentar (Montilla, 2007)

1.6 Estado del Arte

1.6.1 Disponibilidad o Disposición

Penabad, L., Iznaga, A., Rodríguez, P. y Cazañas, C., (2016), **Disposición y disponibilidad como indicadores para el transporte**. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. (Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93249315008>> ISSN 1010-2760

Estos dos indicadores son elementos importantes para medir la gestión de las empresas. En Cuba, una empresa de transporte público para evaluar la eficiencia de su flota utilizó el indicador la disposición. Sin embargo, algunos autores consideran que este indicador es similar a la disponibilidad, así que se presentará las semejanzas y diferencias entre estos dos indicadores.

La semejanza está en relación a que ambos se refieren al estado en el cual el vehículo funciona cumpliendo los parámetros requeridos. Sin embargo, la disposición se refiere cuando la flota se encuentre lista para cumplir sus funciones, pero los vehículos se encuentran inactivos. En comparación, de la disponibilidad que se denomina como la proporción de tiempo en que un sistema o vehículo opera en condiciones satisfactorias.

Por lo que, si se desea medir el desempeño del mantenimiento en el transporte se debe utilizar el indicador de disponibilidad, ya que este expresa el estado de funcionamiento del activo. Debido a que uno de los objetivos de mantenimiento es garantizar que la operación no deje de producir.

La tesis se desarrolló en una empresa de transporte público en el área de mantenimiento y como se mencionó en el artículo se debe utilizar la disponibilidad para controlar la eficiencia de los equipos.

1.6.2 Importancia del AMFE

Aguilar, J., Torres, R. y Magaña, D. (2010), Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación [Fecha de consulta: 02 de septiembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>> ISSN 0186-6036

El proceso de análisis y aplicación de la metodología de FMECA o AMFEC en el proceso de gestión del mantenimiento, específicamente en la etapa de la planeación, etapa considerada como crítica. En donde, se puede observar que el FMECA es un cuello de botella en la etapa de planificación, así que se debe asignar personal con experiencia para realizarlo. Este sistema no permite de forma clara y precisa entender la forma en la que opera un sistema, y más que todo en la que falla.

Se debe realizó el análisis de modo fallas y efecto con personal con más experiencia en el área de mantenimiento, operarios antiguos y gerencia. Es así, que nos brindaran mejores oportunidades para mejorar el plan de mantenimiento.

1.6.3 Importancia de la criticidad

Berger, E., Núñez, L.y Yarín, A. (2014), **Análisis de la confiabilidad del sistema de molienda en una planta concentradora, basado en la criticidad**. Industrial Data [Fecha de

consulta: 03 de septiembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855008>> ISSN 1560-9146

Este artículo tuvo como objetivo, analizar la confiabilidad en equipos de una planta concentradora en base a la criticidad. De todos los procesos de la empresa, solo se analizó el sistema de molienda. Este análisis se debe a que la empresa no cuenta con un proceso que permitía identificar y monitorear la confiabilidad de este sistema.

Mediante esta metodología nos permite identificar la criticidad de los equipos del sistema para luego calcular el nivel de confiabilidad. Así mismo, mediante un análisis de modo de fallos y efectos se elaboró una herramienta para la operación y monitoreo de los motores del sistema de molienda.

Se concluye que la confiabilidad en base a la criticidad, nos brinda información para que la empresa tome decisiones en mantenimiento en base al monitoreo de equipos del proceso analizado.

1.6.4 Sistema De Transporte – Colombia

Cabrera, Diego 2017. Hacia un marco de referencia para la generación de ventajas competitivas sostenibles en los Sistemas Integrados de Transporte Público –SITP en Colombia. Aporte de las capacidades dinámicas de innovación. DYNA, [S.l.], v. 84, n. 200, p. 169-175, ISSN 2346-2183. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/54118>>. Fecha de acceso: 03 sep. 2018 doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v84n200.54118>.

Este artículo está orientado, en el sistema integrado de transporte público de Colombia (SITP), y presenta una revisión de la literatura para resaltar que la cantidad de estudios que proponen metodologías de revisión organizacional son limitados. Por ende, el objetivo es contribuir a la reducción de esta falencia, mediante un marco de evaluación estratégica basado en las capacidades dinámicas de innovación.

Por medio de la evaluación de las buenas prácticas de la organización mediante el uso de un instrumento de 11 niveles de la adaptación de 5 categorías y una matriz de asociación de los recursos estratégicos de la organización permitió definir el potencial de la misma para crear capacidades dinámicas de innovación.

Es así, que se concluye que, mediante la interacción de diferentes procesos de la organización por intermedio de buenas prácticas institucionales, permite el desarrollo y utilización de capacidad dinámicas de innovación haciendo uso de los recursos del SITP, obteniendo un desempeño superior que permitirá la perdurabilidad de estos sistemas.

La tesis está enfocada en una empresa de transporte público y esta pertenece al Sistema integrado de Transporté en Lima Metropolitana, similar al SITP de Colombia. Según el artículo mediante una interrelación de procesos nos permite el desarrolla de capacidad dinámicas de innovación. Estos sistemas son un conjunto de empresas y considerar una ejecución de proyectos en conjunto, se deberá tener una interrelación de procesos previa para que el desarrollo de proyectos nuevos e innovadores y así poder obtener ventajas competitivas sostenibles.

1.6.5 Confiabilidad- Disponibilidad y Mantenibilidad

Mesa, D., Ortiz, Y. y Pinzón, M. (2006), La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Scientia Et Technica [en línea] 2006, XII (Mayo-Sin mes): [Fecha de consulta: 01 de septiembre de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>> ISSN 0122-1701

Este artículo tuvo como finalidad discutir las funciones de las metodologías de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad; y cómo estas pueden influenciar en la gestión de mantenimiento. Debido a que, durante mucho tiempo no ha requerido un conocimiento técnico, sin embargo, en la época que nos encontramos de la globalización es cada vez más necesario. Ya que estas tres disciplinas nos pueden brindar todo este concepto. Es así, que, si desean un aumento en la producción de una empresa, definen que es indispensable la interrelación de las tres disciplinas.

Según el autor, la relación propuesta de las metodologías en el artículo, nos define que si una empresa requiere aumentar la disponibilidad se debe: aumentar la confiabilidad y reducir los tiempos. Además, hace mención que la organización del mantenimiento debe estar enfocada en la disponibilidad.

En la tesis, se abordará el área de mantenimiento y según el artículo “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento”, se debe considerar la disponibilidad como el principal indicador en esta área.

1.6.6 RCM-TPM-BCM

Mungani, Ds Y Visser, Jk (2013). Enfoques de mantenimiento para diferentes métodos de producción. S. Afr. J. Ind. Eng. vol.24, n.3, pp.1-13. Disponible en: <http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-78902013000300002&lng=en&nrm=iso>. ISSN 2224-7890.

Este artículo discute un proyecto de investigación para determinar la relación entre los enfoques de mantenimiento y métodos de producción. Se realizó una encuesta para determinar en qué medida tres mantenimientos dan enfoques - reliability- mantenimiento centrado (RCM), mantenimiento productivo total (TPM), y de negocios centrada mantenimiento (BCM) - se utilizan para tres métodos de procesamiento diferentes (proceso continuo, proceso por lotes y un método de la línea de producción).

Sólo unas pocas referencias informan sobre estudios de investigación que evalúen la idoneidad de los diferentes enfoques de mantenimiento para diferentes sectores o tipos de activos. Kennedy, 2011. Discute las propiedades de RCM y TPM y compara los dos enfoques para la compatibilidad. Campbell y Jardine, 2001 desarrollaron una lista de comprobación para orientar a los profesionales de mantenimiento cuando evalúan si RCM es adecuado para sus operaciones. Esta lista se limita a RCM, y no se puede utilizar para evaluar si otros métodos de mantenimiento son adecuados. Kelly, 1997 también discute la idoneidad, ventajas y desventajas de RCM, TPM y BCM (el último de los cuales se desarrolló).

La investigación se realizó como un estudio de caso en una planta de procesamiento complejo con diferentes unidades de negocios que operan activos físicos utilizando diferentes

métodos de producción. Las unidades de negocio han implementado diferentes enfoques y tecnologías de negocio en una búsqueda para convertirse en clase mundial en sus operaciones. Esto dio lugar a un enfoque fragmentado, y por lo tanto la gestión inició una estrategia para alentar a las unidades de negocio a trabajar juntos para lograr un rendimiento de la operación general. El mismo enfoque de mantenimiento no es necesariamente el mejor enfoque para las unidades de negocio que operan activos utilizando diferentes métodos de producción.

Este estudio investigó las tendencias actuales de los diferentes métodos de producción: proceso continuo, proceso por lotes, y los métodos de la línea de producción. La encuesta indicó que el nivel de conciencia es más alto para el enfoque de RCM y el método de producción de proceso continuo. Los trabajadores involucrados en el método de proceso continuo prefirieron un enfoque que proporcionar integridad de activos y la disponibilidad. Por otro lado, los trabajadores que participan en el proceso por lotes priorizan un enfoque que involucró a los operadores en ciertas tareas y actividades de mantenimiento. Involucrar operarios de mantenimiento es una característica clave del enfoque de TPM.

El artículo luego de su análisis entre las metodologías RCM, TPM y BCM, hacen referencia en base a su encuesta realizada que el nivel conciencia es más alto para el RCM. Esto nos ayuda como un criterio para poder definir la propuesta de mejora de la problemática de la tesis.

1.6.7 Disponibilidad a partir de la confiabilidad

Cabrera, H; Medina, A.; Pérez, C.; Núñez; Q. y Curbelo. M. (2016). Mejora de la disponibilidad en procesos a partir de la confiabilidad. Universidad “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba; y Universidad “Camilo Cienfuegos”, Matanzas, Cuba. Vol. VII. ISSN 2218-

3639.

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Leon16/publication/316341578_Mejora_en_la_disponibilidad_en_procesos_a_partir_de_la_confiabilidad/links/58fa7d334585152edeced40e/Mejora-en-la-disponibilidad-en-procesos-a-partir-de-la-confiabilidad.pdf

La investigación se centró en el sector de producción de cemento. Esta tuvo como objetivo la implementación de un procedimiento para la mejora de la disponibilidad. Las etapas que consideraron fueron cuatro:

Preparación: Consistió en la creación del equipo de trabajo y obtención de la información.

Diagnóstico: Determinación de los equipos con comportamientos conflictivos (Análisis de Criticidad). Además, cálculo de los indicadores de disponibilidad.

Análisis y control operacional

Optimización

Además, se realizó un árbol de fallos asociados a la instalación de materias primas que permitió la identificación de los equipos y modos de fallos que tienen un mayor impacto. Finalmente, con la implementación de este procedimiento permitió poseer un procedimiento para mejorar la disponibilidad y esto se vio reflejado en la disminución de fallos, por tanto, la elevación del proceso.

El artículo primero definió el grupo de trabajo, con el cual se realizó el análisis de criticidad de los equipos y cálculos de los indicadores de disponibilidad. Estos dieron a conocer los equipos más críticos, su tiempo medio entre fallos y tiempo de reparación.

Luego, con la herramienta de árbol de fallos permitió jerarquizar los equipos que tienen un mayor impacto a la disponibilidad. A la vez, dejó las pautas necesarias para adoptar medidas preventivas más eficaces. Finalmente, se obtuvo mejoras en la disponibilidad del proceso lo que condujo a incrementos en la eficiencia.

Para la presente tesis se tomara como referencia el lineamiento del artículo y también una de las herramientas será el análisis de criticidad. Para poder obtener una mejora en la disponibilidad de los buses.

1.7 Casos de Éxito

1.7.1 Caso G y M SA

Soto, Jeanpierre (2016) Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A. Universidad nacional del centro del Perú. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3654/Soto%20Baltazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Este es un caso de una tesis que realizo un estudio de volquetes modelo Faw de la empresa G y M S.A. con el objetivo de desarrollar un mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica.

Existían equipos que quedaban inoperativo durante sus horas de trabajo y estas paradas ocasiono que la disponibilidad se encuentre en 90.14%, valor que la empresa no aceptaba.

Se desarrolló la metodología RCM, indicando como hipótesis que “Si se aplicaba RCM entonces se mejoraría la disponibilidad” luego de obtener los resultados de la aplicación de la metodología.

Luego de la implementación se tomó los tiempos de cuatro meses desde el nuevo plan de mantenimiento. Con esta información se volvió a calcular la disponibilidad y valido con una distribución t-student, que el p-valor ($p=0,000$) es mucho menor al nivel de significancia ($\alpha=0,05$). El cual nos indica que la disponibilidad mecánica anterior y la disponibilidad posterior a la investigación tienen una diferencia significativa.

La aplicación de la metodología RCM fue favorable, debido a que el valor de la disponibilidad nueva resulto 92.03% siendo significativa, con una diferencia favorable de 1.89%.

El caso de éxito en volquetes de una empresa de servicios, nos deja como antecedente que la aplicación de RCM en vehículos es favorable a la disponibilidad.

1.7.2 Caso Whirlpool

Paul, Arnold, 2016. La revolución de la confiabilidad en Whirlpool – un caso de éxito. Congreso de Mantenimiento y confiabilidad. http://www.cmcm.com.mx/la-revolucion-la-confiabilidad-whirlpool-caso-exito/?utm_source=Congreso+Mexicano+de+Confiabilidad+y+Mantenimiento&utm_campaign=61c408ce43-

BOLETIN+SEMANAL+CMCM+5+JUL+2017&utm_medium=email&utm_term=0_13b2255b60-61c408ce43-

%5BLIST_EMAIL_ID%5D&ct=t%28BOLETIN+SEMANAL+CMCM+5+JUL+2017%29

Whirlpool Corporation, está enfocada a familias en la venta de lavaplatos y lavadoras, está dentro de la lista de Fortune 500 (N ° 79 en el ranking de 2005). La administración de mantenimiento, junto a un equipo de empleados de la empresa, introdujo TPM y RCM en la planta a mediados y finales de las décadas de los 90. El RCM enlaza un proceso de pensamiento estructurado con el conocimiento de un equipo multifuncional y hasta la fecha, el 20 por ciento de los trabajadores han participado en estos equipos

El gerente de mantenimiento de esta empresa, indico que el “RCM es un buen punto de partida para el equipo de TPM. Además, el senior en confiabilidad Richard Word, menciono que “TPM y RCM ya no son entidades separadas, siempre se complementan entre sí, pero hemos llegado al punto en el que se unen y se cruzan”

Por otro lado, los miembros del equipo de TPM, son los mismos que participan en el análisis de RCM, recibiendo entrenamiento en los conceptos de “manufactura esbelta” como la Mejora Continua

Uno de los indicadores utilizados en la planta para registrar los niveles de desperdicio es el rendimiento crítico del proceso (CPY, por las siglas en inglés de Critical Process Yield). El CPY toma en cuenta muchas de las fuentes de desperdicio. Comienza con una línea de base de la tasa máxima de producción teórica y se calculan y deducen todas las fuentes de desperdicios, para obtener el porcentaje de capacidad máxima de producción teórica. A un mayor nivel, las fuentes

de desperdicio incluyen disponibilidad, desempeño y calidad. A medida que se incrementa el CPY, aumenta la productividad.

Antes de la maduración y afianzamiento de las herramientas de mejora de Whirlpool, los activos de la planta de Findlay producían entre un 60 y un 70 por ciento de su capacidad. Un trabajo de reingeniería indicó que era posible lograr entre 85 a 90 por ciento. En años recientes, el CPY de la planta alcanzó el 79 por ciento en el 2003, 84 por ciento en 2004 y 85 por ciento en el primer trimestre del 2005.

El RCM y TPM, implementados en una empresa donde todos los niveles están involucrados, traen mejoras en eliminación de desperdicios. Estas dos metodologías no trabajan de forma separada sino lo contrario la implementación de una ayuda al desarrollo de la otra.

1.7.3 Caso Pesquera Hayduk S.A

Berger, E.; Yarin A.; Velásquez, C.; Gambini I.; De la Cruz, L.; Ramirez L.; Gálvez R.; Gálvez, H. (2015). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en motores de combustión interna de las embarcaciones pesqueras de la serie intrépido de una empresa pesquera. Revistas de investigación Universidad Nacional Mayor de San Marcos Vol. XVIII N°2, pp. 5 -18, Lima - Perú. ISSN: 1609-8439

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/matema/article/view/12521>

La empresa cuenta con 10 embarcaciones que se encargan de la extracción de recursos hidrobiológicos: Anchoveta (*Engraulis riges*), Caballa (*Scomber japonicus peruanus*), Jurel (*Trachurus picturatus murphy*). El sistema en estudio fueron los motores de combustión interna,

estos tienen como función transmitir la potencia y torque necesarios para la activación de la propulsión del barco y este pueda tener el desplazamiento ideal de operación. Al inicio del estudio no existían cálculos de las características de la vida útil de los motores de combustión interna, así como tampoco los índices de confiabilidad de los mismos. Gran porcentaje de los problemas de mantenimiento, se hubieran podido minimizar o eliminar, si se ejecutara una adecuada estrategia de mantenimiento, un plan de mantenimiento que identifique las fallas más comunes y el modo de solucionarlas efectivamente.

El uso de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) contempla no solamente el estudio del equipo como tal sino de los subsistemas que lo conforman y la interacción con el entorno físico que lo rodea. En este proyecto primero se realizó una adecuada identificación de los problemas que dificultan la maximización de la función de los motores de combustión interna de las Embarcaciones Pesqueras (E/P) de la serie “Intrépido”, a través del análisis de modo y efectos de la falla (AMEF). Al definirse los modos y las causas de las fallas fue posible establecer la criticidad de cada una ellas y el impacto en las metas de operación, mantenimiento, salud y medio ambiente, así como su priorización. El objetivo del estudio fue aplicar la metodología con la finalidad de incrementar la vida útil de los componentes de los equipos, así como la disponibilidad de los mismos al disminuir las fallas y sus consecuencias, incrementando así, las ventas de harina de pescado a un menor costo de mantenimiento.

Luego de la clasificación obtenida a través del NP (Número de Prioridad de Riesgo), de los 73 modos de falla analizados, se obtuvo lo siguiente:

- 10 Fallas Inaceptables (13.7 %).
- 13 Fallas de reducción deseable (17.8%).
- 50 Fallas Aceptables (68.5 %).

Luego de la determinación del Tiempo medio entre Fallas (MTBF) fue posible determinar la frecuencia óptima de intervención de cada uno de los motores analizados; y se estableció las tareas de mantenimiento preventivo de cada uno de los motores.

Mediante la metodología RCM nos permitió proponer un nuevo plan de mantenimiento en base a la frecuencia de fallas. Esto permitió corregir hasta un 15% de las posibles fallas de los motores.

La presente tesis está dirigida a la implementación de una empresa de transporte público, en donde los buses son los equipos a analizar. Se utilizará el análisis de modo y efectos de la falla, de forma similar de este caso de éxito para poder proponer un nuevo plan mantenimiento. Este caso nos demuestra que un nuevo plan puede conllevar a mejoras en la reducción de paradas. Por ende, nos permitirá mejorar la disponibilidad y así la eficiencia global de los equipos.

1.8 Marco Legal

El Instituto Metropolitano PROTRANSPORTE DE LIMA, es el organismo público descentralizado de la Municipalidad de Lima (MML), que tiene a su cargo el sistema de Corredores Segregados de Buses de Alta Capacidad (COSAC). (Pro transporte, 2012)

PROTRANSPORTE, a través del Acuerdo de Consejo N° 1531 de fecha 28 de agosto de 2012, recibió el encargo de la MML de llevar a cabo la licitación de cinco corredores complementarios, los que se detallan a continuación:

- Corredor Complementario 01: Panamericana Norte, Av. Zarumilla, Evitamiento, Panamericana Sur.
- Corredor Complementario 02: Av. Elmer Faucett, Av. La Marina, Faustino Sánchez Carrión, Av. Javier Prado Este y Av. Javier Prado Oeste.
- Corredor Complementario 03: Av. Samuel Alcázar, Av. Tacna, Garcilazo de la Vega y Av. Arequipa.
- Corredor Complementario 04: Av. Fernando Wiese, Av. Abancay y Av. Brazil
- Corredor Complementario 05: Carretera Central, Av. Nicolás Ayllón y Av. Venezuela.

El objetivo de la licitación es la entrega de la concesión del transporte de pasajero en los paquetes de Rutas o Servicios de los corredores complementarios, durante un plazo de 10 años a partir de la fecha de inicio de operación, el cual podría ser extendido. La empresa participo de esta licitación, en donde obtuvo la concesión del Corredor complementario 03, durante el periodo de diez años.

Los corredores complementarios, integran el Sistema Integrado de Transporte De Lima (SIT), los cuales tienen pautas para el correcto funcionamiento, se detallan en el “Manual de Operaciones Corredores Complementarios”. En este, se encuentra los indicadores que se deben cumplir, el único asociado a la disponibilidad es el “Índice de Disponibilidad de Flota” (Idf). Este Idf con un valor inferior al 95% supone un incumplimiento de las condiciones contractuales y se aplicará en lo dispuesto en el Reglamento de Operaciones en materia de sanciones y penalidades, todo ello cuando los corredores se encuentren en “Operación”, a la fecha del cierre de la presente tesis aún se encuentra en “Pre-Operación”.(Pro- Transporte-2014)

2 Capítulo 2 Análisis y diagnóstico del proceso actual

2.1 Descripción del sector y la empresa

2.1.1 Descripción del sector

En Lima Metropolitana existen un estimado de 1 Millón 674 mil unidades vehiculares, lo que representa casi el 70 por ciento del parque automotor que existe a nivel nacional. Este ha crecido en 40 por ciento entre 2010 y 2015, a razón de 100 mil vehículos por año. Además, en promedio en Lima Metropolitana hay 170 vehículos por cada mil habitantes. (La Ciudad de Lima en Cifras, 2018)

2.1.1.1 Corredores de Transporte Público

En Lima Metropolitana, se cuenta con tres corredores complementarios que tienen diferentes rutas y paraderos, estos se muestran en la figura 4.

Figura 4 Corredores Complementarios - Lima Metropolitana

Fuente: La Ciudad de Lima en Cifras, 2018

Por otro lado, el Corredor azul y rojo transporta un promedio de 228 mil pasajeros por mes mientras que el corredor Morado transporta 65 mil pasajeros por mes.

2.1.2 Descripción de la empresa

La empresa con razón social, Consorcio Transporte Arequipa S.A. y nombre comercial Corredor Azul, se encuentra ubicada en Lima Metropolitana. Dio inicio a las operaciones en julio del 2014 y recorre las rutas del Corredor Complementario N°03. Luego de haber participado en el concurso de licitaciones para obtener uno de los corredores complementarios de la reforma del Sistema Integrado de Transporte (SIT).

2.1.2.1 Rutas

La empresa cuenta con cuatro rutas denominadas 301, 302, 303 y 306 todas con punto de partida el Distrito del Rímac. Pero con diferentes destinos que son el Distrito de Barranco (301), Miraflores (302 y 303) y San Isidro (306). Estas realizan paradas y distancias distintas, el detalle

de las estas se podrán encontrar en el Anexo 1. Además, los turnos, vueltas y tiempo, distancia, kilómetros promedio se muestra en la tabla 1, el detalle de estos cálculo se adjunta en el anexo 2.

Tabla 1 *Datos generales – Un bus*

Descripción	Cantidad
Turnos diarios	2
Vueltas diarias	7
Tiempo promedio por vuelta - horas	2.35
Tiempo total diario	16.45
Distancia promedió por vuelta - Kilómetros	26
Distancia total diaria- Kilometros	182
Kilómetros recorridos por hora - Kilómetros	6.00

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.2 Localización

Se encuentra localizada dentro del “Cuartel Hoyos Rubio” en el distrito del Rímac, como se muestra en la figura 5.

Figura 5 Mapa de ubicación

Fuente: Google Maps

2.1.2.3 Organigrama

El organigrama se muestra en la figura 6.

Figura 6 Organigrama de la Empresa

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.4 Layout

La empresa cuenta con dos patios de maniobras, en el patio 01, el más cercano al Av. Túpac Amaru, se encuentra todas las oficinas (Administrativas, operaciones y mantenimiento), el taller de mantenimiento y estacionamiento de buses; por otro lado en el patio 02 solo se usa para guardar buses; como se muestra en la figura 7.

Figura 7 Layout del Patio 01 y 02

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.5 Personal

La cantidad total de colaboradores de la empresa es de 527 personas, distribuidos en las diversas áreas de la empresa como se muestra en la figura 8.

Figura 8 Colaboradores de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.6 Flota

La empresa para brindar servicios en todas sus rutas cuenta con 144 buses, de propiedad o subcontratada, esta información se encuentra adjunta en el Anexo 2. La tesis solo se está orientada a las unidades de la empresa, que son 105 y corresponden al 68% del total de buses que brindan servicios. La empresa se encuentra en crecimiento de su flota como se muestra en la figura 9.

Figura 9 Unidades de propiedad de la empresa y sub contratada

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2.7 Costos

El área de finanzas y contabilidad nos brindó los porcentajes de todos los costos que se incurren en la operación de un mes en la empresa.

Tabla 2 *Costos de Actividades de Operación Mensual - Soles*

Descripción	Costos Operaciones		Costo Fijo	Costo Variable
	Total	Porcentaje		
Remuneraciones y Beneficios Sociales	S/. 826,034.52	38%	✓	
Combustible GNV y Diesel	S/. 435,000.00	20%		✓
Sub contratación buses	S/. 303,808.00	17%		✓
Pago de tributos	S/. 125,700.00	8%	✓	
Soat y seguros	S/. 75,837.00	4%	✓	
Mantenimiento de vehículos	S/. 100,844.00	4%		✓
Alquiler de patio	S/. 79,400.00	4%	✓	
Asesoría Gerencia	S/. 17,700.00	1%	✓	
Servicio de GPS	S/. 14,800.00	1%	✓	
Otros	S/. 87,844.00	4%		
Total	S/. 2,066,967.52	100%		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 2, muestra que los costos variables representan un total de 41 % y se distribuyen en combustibles 20 %, sub contratación de buses 4 % y mantenimiento de vehículos 4%.

2.1.2.8 Combustible

El consumo de combustible de las unidades de la empresa y sub contratada, durante el año en estudio fue de S. /4 916 863.42 soles, distribuido según se muestra en la figura 11

Figura 10 Consumo total combustible - Miles soles

Fuente: Elaboración Propia

Además, la distribución por tipo de combustible se muestra a continuación:

Figura 11 Distribución por tipo de combustible

Fuente: Elaboración Propia

Las unidades de la empresa todas son a GNV mientras que las subcontratadas consumen Diésel. Es decir, del costo total por combustible solo el 61% corresponde a los buses de la empresa, que resulta un valor de S. /2 999 286.69 soles. Sin embargo, se considera el costo total en las operaciones, debido a que estos costos de combustible por los buses subcontratados son liquidados durante el pago.

2.1.3 Mantenimiento de bus

El mantenimiento de los buses es responsabilidad de cada propietario, las unidades subcontratadas hacen sus mantenimientos en talleres externos mientras los bus de la empresa se realizan en el taller de la empresa o en fábrica.

La empresa tiene mantenimientos preventivos y correctivos, el área cuenta con ocho personas y un jefe.

2.1.3.1 Personal mantenimiento

El área de mantenimiento está conformado por tres tipos de técnicos y dos personales administrativos, este detalle se muestra en la tabla 3

Tabla 3 *Personal mantenimiento*

Descripción	Trabajador	Función
Jefe mantenimiento	Gomes Iwano, Daniel Akira	Planificar, organizar y controlar el mantenimiento de flota de vehículos, además de realizar y evaluar las estrategias de mantenimiento, establecer indicadores de gestión, realizar las proyecciones de consumo de repuestos.
Practicante mantenimiento	Durand Luna, Alex	Apoyar al jefe de mantenimiento y técnicos mecánicos.
Técnico mecánico 01	Carhuas Chavez, Johnny Kent	Diagnosticar, reparar averías y componentes del vehículo.
	Galoc Huaman, Victor	
Técnico mecánico 02	Tirado Rios, Edgar	Ejecutar tareas técnicas relacionadas con el montaje, funcionamiento, mantenimiento e instalaciones mecánicas de los vehículos.
	Ccanto Rivera, Miguel Angel	
	Jaramillo Chuquihuanga, Wilder Leodan	
Técnico mecánico 03	Quispe Flores, Ruben	Apoyar a los mecánicos de la organización, reparando y manteniendo los vehículos pertenecientes al parque automotor de la misma, para asegurar su correcto funcionamiento. Luego, diagnosticar y reparar los sistemas de transmisión, sistemas de freno, motor y electricidad básica.
	Ore Sanchez, Justiniano	
	Rojas Morales, Rafael	

Fuente: Elaboración Propia

2.1.3.2 Mantenimiento preventivo

El procedimiento básico del mantenimiento preventivo de la empresa se mostrará en la figura 12.

Figura 12 Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración Propia

Durante el año en estudio se realizaron 465 mantenimientos preventivos, distribuidos durante todo este periodo, el detalle se puede encontrar en el Anexo 2. Se muestra la frecuencia por mes en la figura 13.

Figura 13 Frecuencia de mantenimientos de preventivos

Fuente: Elaboración Propia

Del programa de mantenimiento, adjunto en el anexo 2, se realizó un análisis de los mantenimientos preventivos en base a la frecuencia, por cada unidad y se pudo evidenciar que existen unidades pendientes, el porcentaje se muestra a continuación:

Figura 14 Estado de mantenimientos preventivos

Fuente: Elaboración Propia

La figura 14, muestra que el 29% del total de unidades de la empresa están pendientes de realizar el mantenimiento preventivo, es decir, 30 buses aun no realizan su mantenimiento preventivo.

2.1.3.3 Mantenimiento correctivo

El diagrama de flujo del mantenimiento correctivo de los buses, se muestra en la figura 15.

Además, la ocurrencia por mes se presenta en la figura 16, el detalle se adjunta en el Anexo 2.

Figura 15 Diagrama de flujo del mantenimiento correctivo

Fuente: Elaboración Propia

La figura 16, muestra que durante el año en estudio se realizaron 745 mantenimientos correctivos, por falla mecánica.

Figura 16 Ocurrencia de mantenimientos correctivos

Fuente: Elaboración Propia

2.1.3.4 Ingresos

Los ingresos percibidos por la empresa están en base a los kilómetros recorridos y usuarios transportados. La relación es que del 100% de ingresos, un 70% está en base a los kilómetros y un 30% en relación a los usuarios. La tesis solo está enfocada en los ingresos por los kilómetros recorridos.

La figura 17, muestra los kilómetros que recorren las unidades de la empresa en relación a los kilómetros programados de julio 2017 a junio 2018, el detalle de los ingresos y cálculos se encuentran en el Anexo 3.

Figura 17 Kilómetros ejecutados vs programados julio 2017 a junio 2018 (Miles)

Fuente: Elaboración Propia

El total de kilómetros ejecutados fueron de 3 852 mil kilómetros y los programados fueron 4 069 mil, esta brecha en promedio resultan ser 217 mil kilómetros que no recorrieron las unidades. Además, el porcentaje de kilómetros ejecutado sobre programado se muestra en la figura 18

Figura 18 Porcentaje de Kilómetros ejecutados vs programados

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 17 y 18, muestran que solo en febrero y junio 2018 se pudo llegar a cumplir la meta, además, los kilómetros ejecutados en referencia a los programados solo representan en promedio 95%.

2.1.4 Descripción del problema

Las variables que limitan a la producción de los kilómetros ejecutados son los tiempos de paradas no programadas, que ocasionan que los buses disminuyan sus kilómetros recorridos. Por otro lado, las paradas programadas, son necesarias para realizar las operaciones.

Figura 19 Tiempos de Parada Julio 2017 a Junio 2018- Horas

Fuente: Elaboración Propia

La figura 19, muestra los tiempos totales de paradas de julio 2017 a junio 2018, la cual, está conformada por las paradas programadas y no programadas. Los tiempos por tipo de parada se presenta en la figura 20, la data de cálculo de estas paradas se adjunta en el anexo 4.

Figura 20 Tiempo de paradas programadas y no programadas – Horas

Fuente: Elaboración Propia

El tiempo total de paradas programadas y no programadas, resulta un valor de 68 215 horas al año de todos los buses de la empresa, el porcentaje de participación de cada parada se muestra en la figura 21.

Figura 21 Participación de paradas programadas y no programadas

Fuente: Elaboración Propia

La figura 21, muestra que los 90% paradas son programados y el 10% del total corresponde a paradas no programadas

2.1.4.1 Paradas programadas

Son todas aquellas necesarias para la operaciones diarias de las unidades, el detalle de estas paradas se muestran en la figura 22.

Figura 22 Paradas programadas julio 2017 a junio 2018 – Porcentaje total del tiempo

Fuente: Empresa, 2018

La figura 22, muestra el porcentaje de tiempo utilizado por tipo de parada programada para los buses. Se evidencia, que el 57% del total de paradas programadas consiste en abastecer las unidades con combustible, el detalle de cada tipo de parada se muestra a continuación:

- Abastecimiento de bus:

Las unidades todos los días durante el turno noche son llevadas para ser abastecidas con combustible y el tiempo promedio por cada unidad es de una hora y diez minutos.

- Check list

Durante el inicio de cada turno el conductor tiene que realizar el check de list de la unidad que se le asigno y así poder verificar el estado en que del bus, el tiempo promedio para esta actividad es de nueve minutos.

- Pre arranque del motor

En el primer turno, el conductor asignado a la unidad tiene que esperar un promedio de 15 minutos para recién poder mover el bus y evitar posibles averías del motor.

- Limpieza del bus

Luego de que las unidades son abastecidas con combustible se tiene que dejar en el patio de maniobra para que realicen la limpieza, el tiempo promedio de esta actividad por bus es de 15 minutos.

- Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento se realiza según programación y el tiempo promedio es de tres horas.

- Inspección del sistema de gas:

Los buses de la empresa son a GNV y tienen que pasar una revisión cada seis meses y el tiempo promedio es de 8 horas.

El cálculo de cada tipo de parada programada se adjunta en el anexo 4.

2.1.4.2 Paradas no programadas

Son todas aquellas que afectan a la producción de kilómetros recorridos, y estas son fiscalizadas por la Municipalidad De Lima, estas paradas se muestran en la tabla 5.

Tabla 4 *Paradas no programadas julio 2017 a junio 2018 – Porcentaje del total*

Código	Causa paradas no programadas	Tiempo total	Porcentaje
Np1	Bus con problemas mecánicos	4,455.33	67%
Np2	Bus sufre un accidente vehicular	1,731.00	26%
Np3	Conductor se retira del servicio (enfermedad)	127.00	2%
Np4	Conductor abandona el servicio	118.00	2%
Np5	Incidentes con usuarios	106.25	2%
Np6	Conductor no entrega boletos	48.75	1%
Np7	Conductor no ingresa a paraderos establecidos	31.33	0%
Np8	Bus sin combustible	25.00	0%
Np9	Conductor no porta cinturón de seguridad	20.83	0%
Np10	Otros incidentes en la operación	5.59	0%
Np11	Conductor conduce escuchando música	2.08	0%
Total		6,671.16	

Fuente: Pro transporte, 2018

Las paradas no programadas son registradas por el personal de inspección de la empresa y de la Municipalidad de Lima (Pro Transporte), la tabla 5 muestra que las paradas ocasionadas cuando un bus presenta problemas mecánicos representan un 67% del total, el detalle de cada tipo de parada se muestra a continuación:

- Bus con problemas mecánicos

Son aquellas en donde el bus presenta alguna avería y se tiene la necesidad de volver a la empresa.

- Bus sufre algún accidente

Es el tiempo empleado cuando un bus sufre un accidente de tránsito y tiene que parar su recorrido.

- Conductor abandona el servicio

Es decir, cuando el conductor no sale en servicio de la ruta asignada.

- Conductor abandona el servicio por enfermedad

Cuando un conductor se encuentra enfermo se dirige a planta y deja la unidad para retirarse.

- Incidentes con usuarios

Cuando existe alguna inconformidad con el usuario se incurre en tiempos muertos.

- Conductor no entrega boletos

Durante el control de boletos los inspectores encuentran inconformidades y esto ocasiona tiempos muertos.

- Bus sin combustible

Cuando el conductor evidencia que no cuenta con el combustible necesario para poder realizar sus operaciones tiene que dirigirse a la planta para poder cambiar de bus.

- Conductor no ingresa a paraderos establecidos

En los paraderos se encuentran los inspectores y al no ingresar en un paradero establecido. El inspector informa a la central y en un próximo paradero se comunica al conductor la infracción y esto genera un tiempo muerto.

- Conductor no porta cinturón de seguridad

El inspector que encuentre al conductor sin cinturón tiene que solicitarle que se lo coloque de forma inmediata.

- Conduce escuchando música

Según lineamientos de la empresa, los buses no deben contar con radios o ningún medio electrónico para escuchar música, el inspector tiene que esperar que el conductor guarde el medio electrónico.

- Otros incidentes en la operación

Es considerado todo aquello que afecta a los kilómetros recorridos, faltas de tránsito, desvíos de ruta, cobros indebidos entre otros.

El detalle de cada una de los tipos de paradas no programadas se encuentra adjunto en el anexo 5.

Uno de los objetivos de la tesis es incrementar los kilómetros recorridos de las unidades, por lo que nos enfocaremos en las mejoras en las paradas no programadas.

Figura 23 Pareto de paradas no programadas

Fuente: Elaboración Propia

La figura 23, muestra que el 67% de las paradas no programadas son ocasionadas cuando el bus presente problemas mecánicos. A continuación, se muestra la tabla 5 con el detalle de los problemas mecánicos y el tiempo empleado por avería.

Tabla 5 *Problemas mecánicos de los buses julio 2017 a junio 2018*

Código	Problemas mecánicos	Tiempo - Horas
PM1	Problemas del motor	785.25
PM2	Problemas en embrague	662.80
PM3	Problemas en Problemas en Pintura	634.50
PM4	Problemas en frenos	404.28
PM5	Problemas en dirección	265.95
PM6	Problemas en Sistema de aire	259.65
PM7	Problemas caja de cambios	202.95
PM8	Problemas en Puertas	189.00
PM9	Problemas eléctricos	177.75
PM10	Problemas Sistema de Iluminación	157.05
PM11	Batería descargada	136.50
PM12	Reparación de llantas	98.28
PM13	Reparación de muelles	90.00
PM14	Problemas en válvulas	83.48
PM15	Reparación de bujías	71.10
PM16	Nivel de aceite bajo	58.95
PM17	Problemas en cañerías de agua	46.80
PM18	Problemas en Claxon	42.75
PM19	Parabrisas o lunas rotas	18.00
PM20	Asientos Rotos	15.75
PM21	Manguera malograda	9.00
PM22	Reparación de filtros	8.78
PM23	Reparación de fajas	8.10
PM24	Reparación de modulo ICM	7.88
PM25	Problemas plumillas/trico	7.20
PM26	Espejos Malogrados/Rotos	4.50
PM27	Problemas en Guardafangos	3.60
PM28	Des configuración del panel	2.34
PM29	Reparación de cinturón	2.25
PM30	Botiquín caído	0.90
Total		4,455.33

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24 Pareto de problemas mecánicos julio 2017 a junio 2018

Fuente: Elaboración Propia

La figura 24, muestra los principales problemas mecánicos que ocasionó paradas no programadas por avería. El 80% de las horas totales por paradas por averías son aquellas referentes con problemas en motor, embrague, pintura, frenos dirección, sistema de aire, caja de cambios, puertas y sistemas eléctricos. Estas paradas, resultan 3 582 horas y 432 averías que el bus estuvo parado; y representan el 58% de averías no programadas

2.1.4.3 Disponibilidad

Con los tiempos de funcionamiento promedio, paradas programadas y no programadas, se procedió al cálculo de la disponibilidad de los buses de la empresa.

Figura 25 Disponibilidad

Fuente: Elaboración Propia

La figura 25, muestra los diez buses con baja disponibilidad, y se evidencia que el bus con placa ALD-731 resultar con la disponibilidad más baja. Además, el detalle de cada unidad se adjunta en el anexo 6. La disponibilidad de los buses es el factor más bajo, es así que para validar este valor se utilizará otra metodología de cálculo.

2.1.4.4 Tiempo medio de reparación MTTR

El tiempo medio de reparación, se muestra en la figura 26:

Figura 26 Tiempo Medio de Reparación MTTR- Horas

Fuente: Elaboración Propia

La figura 26, muestra los diez tiempos medios de reparación más altos de los buses de la empresa. El bus AMJ-713 un promedio de 15 horas se tarde en realizar una reparación, mientras el bus AAV-923 en 9.17 horas se soluciona su avería.

2.1.4.5 Tiempo medio entre fallos MTBF

El tiempo medio entre fallos de los buses de la empresa se evidencia en la figura 27.

Figura 27 Tiempo Medio entre fallos MTBF – Horas

Fuente: Elaboración Propia

La figura 27, muestra que el bus ABC-806, tiene un tiempo medio entre fallos de 194.13 horas mientras el bus AMM-811 es 298.17 horas. Además, los buses con placas ATJ-707 y ATJ-802, no tienen historial de avería, esta información se encuentra en el anexo 6.

2.1.4.6 Disponibilidad

Luego de haber obtenido el MTBF y MTTR, se calculará la disponibilidad de los buses, estos resultados se muestran en la figura 28.

Figura 28 Disponibilidad de buses de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

La figura 28, muestra los diez unidades con disponibilidad más baja, el bus con placa AMJ-713 cuenta con una disponibilidad de 96.38% mientras en el bus ABI-861 presenta un porcentaje de 97.85%. El promedio de disponibilidades de los buses de la empresa es de 96.85%, en comparación del valor obtenido mediante la eficiencia global, que resulto 98.19%.

2.1.4.7 Impacto Económico

Los ingresos recibidos en base a los kilómetros recorridos y los que hubiéramos percibido si se cumplía los kilómetros programados, se muestran en la figura 29.

Figura 29 Ingresos por kilómetros ejecutados y programados- millones-soles

Fuente: Elaboración Propia

Los ingresos totales recibidos fueron 16,54 millones de soles y los que se hubieran recibido si se cumplía todas las programaciones seria de 17.42 millones de soles. Es decir, tuvimos una pérdida económica de 886 306 soles durante ese año.

La figura 29, muestra los ingresos recibidos por kilómetros ejecutados, la figura 17 se observa los kilómetros ejecutados y la tabla 1 esta la razón de kilómetros promedio que se recorren en una hora. De dividir los ingresos por kilómetros ejecutados entre los kilómetros ejecutados, se puede obtener el ingreso promedio por kilómetro y con la razón de cambio de kilómetros a hora, se obtiene los ingresos promedio por hora que un bus genera, si se encuentra programado, esto se muestra en la figura 30:

Figura 30 Ingreso promedio por hora

Fuente: Elaboración Propia

2.1.5 Objetivos

2.1.5.1 Objetivo Principal

El objetivo principal de la tesis erradicar los tiempos de paradas no programadas, para incrementar los ingresos de la empresa

2.1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa
- Determinar el principal problema de la empresa y determinar las causas raíces.
- Analizar las alternativas de mejora para la empresa e implementarla.

2.1.6 Delimitación de la tesis

2.1.6.1 Alcance

- Realizar un análisis solo de las unidades de la empresa y determinar, la muestra para iniciar las mejoras en este piloto.
- Implementar las mejoras en el área de mantenimiento

2.1.6.2 Limitaciones

- Las variaciones de rutas y programaciones establecidas por la MML.

2.1.7 Análisis del problema

Luego del análisis de los tiempos de paradas programadas y no programadas de los buses, se muestra que el tiempo de paradas no programadas más alta es ocasionada por problemas mecánicos. Estas paradas implican una pérdida económica de 886,306 soles. Por ende, el proyecto de mejora de la presente tesis está enfocado en buscar posibles metodologías que ayuden a disminuir las paradas no programadas causadas por problemas mecánicos en lo buses.

Es, por lo anteriormente expuesto, que se utilizó la herramienta de los cinco porqués, la cual consiste en plantear una serie de preguntas: ¿Por qué?, hasta llegar a la causa raíz. Además, se dividió en las cinco categorías utilizadas para el diagrama causa-efecto (Ishikawa). La tabla 6, muestra el análisis que se realizó en base a la problemática y posteriormente se procede a detallar todas las causas raíces encontradas en este análisis.

Tabla 6 *Análisis cinco ¿Por qué?*

Problema	Categorías	W1	W2	W3	W4	W5	Acciones de Mejora	Metodología Recomendable
¿Por qué se tiene exceso de paradas no programadas por problemas mecánicos?	Mano de obra	¿Por qué los conductores no conocen cómo utilizar de forma adecuada los buses?	¿Por qué les falta ser capacitados para el manejo de los buses?	¿Por qué no se cuenta con capacitaciones del uso de buses?			Capacitaciones del manejo del bus	M.AUTONOMO
	Máquina	¿Por qué el bus presente problemas mecánicos?	¿Por qué no se realizó el mantenimiento preventivo en su periodo?	¿Por qué el personal de mantenimiento estaba realizando mantenimiento correctivo a otras unidades?	¿Por qué no se tiene un plan de mantenimiento de todas las unidades de la empresa?	¿Por qué no se realizo un estudio a los bus en base sus averías frecuentes?	Un plan de mantenimiento para disminuir los tiempos entre averías	RCM
	Medida	¿Por qué existe una falta de control de indicadores?	¿Por qué no se cuenta con indicadores de mantenimiento?	¿Por qué no se conoce la utilidad de estos indicadores?			Capacitaciones para la gestión y análisis de indicadores de mantenimiento	RCM
	Material	¿Por qué los tiempos de reparación superan al promedio establecido?	¿Por qué existe demoras en encontrar el material adecuado?	¿Por qué no se ha asignado lugares fijos para repuestos o herramientas?			Asignar y delimitar los espacios en el taller de mantenimiento	5 "s"

Fuente: Elaboración Propia

- **Falta de capacitaciones para el uso del Bus Modelo 17.210 OD:**

La empresa cuenta con 105 buses marca Volkswagen modelo 17.210 OD fabricados de uso exclusivo para los corredores complementarios. Por otra parte, los conductores no reciben una capacitación por parte de la empresa para aprender a utilizar estos modelos de bus, dejando a la experiencia de cada uno la conducción de tales vehículos.

- **Falta de un análisis para los tiempos de paradas**

El área de mantenimiento no tiene un estudio de las averías frecuentes de los buses. Sin embargo, se cuenta con la información necesaria para realizar este análisis, pero por la falta de conocimientos ofimáticos y de metodologías de mejora, solo están orientados a solucionar los mantenimientos correctivos y cumplir el programa de preventivos.

- **Falta de indicadores para el control de buses**

El área de operaciones y mantenimiento no cuenta con indicadores para realizar el control interno de los buses. Esto se debe a que no se cuenta con los conocimientos necesarios para el cálculo ni acerca de la importancia de manejar indicadores de control.

- **No se cuenta con lugares asignados para repuestos y accesorios**

Los tiempos medios de reparación de los buses se ve afectado por las demoras que se incurre cuando se realiza una reparación, puesto que existe tiempos muertos al buscar un repuesto o accesorio y al no contar con lugares debidamente asignados para estos.

2.1.8 Hipótesis del Problema

Al realizar una implementación de las cinco 5 “S”, en el taller de mantenimiento nos permitirá romper la resistencia del cambio del personal y fomentar el desarrollo de la mejora continua. Además, desarrollar una metodología RCM en los buses de la empresa y un mantenimiento autónomo, nos permitirá disminuir los tiempos de paradas no programadas.

Por ende, se generará una mayor cantidad de kilómetros ejecutados que conllevará un ingreso positivo para la empresa.

2.1.9 Cronograma de la propuesta

A continuación, se muestra el cronograma de las actividades que se realizaron para realizar esta tesis de mejora.

Figura 31 Cronograma de Actividades

Actividades	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Desarrollo del marco teórico					
Captura y procesamiento de datos					
Análisis y diagnóstico de los retrasos en las operaciones					
Evaluación de las alternativas de solución					
Elaboración de conclusiones y recomendaciones					
Revisión final					

Fuente: Elaboración Propia

3 Capítulo 3 – Planteamiento de la propuesta de solución

3.1 Implementación de las 5 “S”

Mediante la implementación de las 5 “s” nos permitirá romper la resistencia que generalmente surgen en los mandos medios de la empresa. Debido a que este método de trabajo no perjudica a nadie sino por el contrario involucra a todo la empresa en la mejora continua.

Su principal enfoque se basa en el orden y limpieza de las cosas y el respeto de las políticas y objetivos de la empresa

3.1.1 Clasificación - Seiri

En esta primera etapa, se busca clasificar lo que realmente es útil dentro en el taller de mantenimiento, los beneficios de este cambio, es contar con mayor espacio, mejorar el control de inventarios, reducir los accidentes y evitar despilfarros. Para poder lograr estos objetivos se utilizara un diagrama de flujo para la clasificación de los equipos, herramientas, artículos entre otros. La figura 32, muestra flujograma para la clasificación de elementos innecesarios.

Figura 32 Flujograma de clasificación de elementos

Fuente: Salas, 2012

Además, la figura 33, muestra un modelo de tarjeta roja para clasificar los elementos innecesarios en el área de trabajo. Esta clasificación nos permitirá que todo el personal evalúe su lugar de trabajo y así solo queden con los elementos necesarios para sus actividades.

Figura 33 Tarjeta de clasificación

Número:	_____
Fecha:	_____
Área:	_____
Nombre del elemento:	_____
Cantidad:	_____
Disposición:	
Transferir	☐
Eliminar	☐
Inspeccionar	☐
Comentarios:	_____

Fuente: Villeda, 2009:42

Luego de identificar los elementos innecesarios, se debe completar el formato que se muestra en la tabla. El resumen de los elementos o piezas evaluadas deberán ser analizadas por el jefe directo.

Tabla 7 *Formato de resumen de clasificación*

CÓDIGO

CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.
LISTA DE ELEMENTOS INNECESARIOS

Nº	FECHA	ESTACIÓN DE TRABAJO	NOMBRE DEL TRABAJADOR	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	CANTIDAD	LOCALIZACIÓN	ACCIÓN A TOMAR			OBSERVACIONES
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	
							T	E	I	

T: TRANSFERIR E:ELIMINAR I:INSPECCIONAR

REVISADO POR:_____

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la implementación de la tarjeta verde es para separar los objetos de la tarjeta roja, Además, su finalidad es conocer la frecuencia, cantidad requerida y el tiempo de uso.

Figura 34 Formato de tarjeta verde para clasificación

Número:

Fecha:

Área:

Nombre del elemento:

Cantidad:

Tiempo de uso:

Frecuencia:

Lugar del almacen:

Comentarios:

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9, muestra cómo se publicará el control de piezas innecesarias y será registrado con la finalidad de no volver a encontrar el elemento en el área señalada.

Tabla 9 *Formato de publicación de control de piezas innecesarias del área*

CÓDIGO:		
CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.		
AVISO DE ACTUALIZACIÓN		
Nombre del elemento innecesario:		
Cantidad encontrada:		
Lugar donde se encontró el elemento		
Categoría del elemento encontrado		
1	Materia prima o insumo	
2	Pieza mecánica cambiada de maquina	
3	Accesorios de escritorio	
4	Materiales de limpieza	
5	Envolturas de alimentos y bebidas	
6	Objetos personales	
7	Merma de producción	
8	Herramientas de trabajo	
9	Equipos de protección personal	
10	Otros	
Razón por la que debe ser retirado		
1	No es necesario para el área	
2	Es defectuoso	
3	Poca frecuencia de utilización	
4	Material desechable	
5	Reduce espacio de trabajo	
6	Producto potencialmente peligroso	
7	Otros	
Acción correctiva		
Fecha de inicio de vigencia:		
Evaluado por:		
Aprobado por:		
Observación:		

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 9, permite que el jefe directo revise y decida sobre los formatos y formularios verificados por gerencia. Cada formulario será entregado los viernes cada semana, y será publicado en el mural de las 5'S ubicado en la pared donde todo personal que ingrese a la empresa pueda leerlo y recordarlo

Cada formulario publicado será informado a la gerencia para colocar el código de identificación y así comprobar y validar el cumplimiento de la metodología de las 5'S.

3.1.2 Organizar -Seiton

Consiste en reconocer y ubicar los elementos o piezas en una zona donde se pueda apreciar y reconocer por colores y códigos.

Para esta etapa se considerará cuatro criterios:

- Calidad: No sean afectados por la ubicación, ni deteriorados por la portabilidad.
- Eficacia: Optimizando el tiempo de búsqueda
- Seguridad: Evitar que ocasione un accidente al momento de requerirlo, asimismo debe ser ubicado de forma ergonómica.
- Volumen: Ordenados de acuerdo a la cantidad, peso o forma de cada elemento con la finalidad de reducir tiempos de guardados.

El primer paso, para poder lograr estos criterios se debe realizar un inventario de cada pieza o equipo por puesto de trabajo. Luego codificarlos, para poder ser controlados y ordenados; la tabla muestra un formato para realizar un inventario de los elementos a ordenar.

Además, se propone la instalación de anaqueles y armarios con la finalidad de colocar las herramientas, materiales de trabajo y repuestos.

Tabla 10 *Formato de inventario de maquina o equipos*

CÓDIGO:							
CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.							
INVENTARIO DE ÁREA DE TRABAJO							
Maquina:							
Modelo:							
Turno:							
Operarios:							
Fecha de inventario:							
Código	Nombre	Descripción	Riesgo	Tiempo	Frecuencia	Cantidad	Localización
Fecha de inicio de la vigencia:							
Evaluado por:							
Aprobado por:							
Observación:							

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10, permitirá recopilar información descrita en las tarjetas verdes y resúmenes de los formatos de piezas necesarias para luego ser analizadas y localizarlas en lugares fáciles de encontrar.

Para facilitar y agilizar la implementación de la segunda etapa será necesario utilizar controles visuales, donde se debe observar una leyenda rotulada de cada elemento correspondiente

al área. Además, es necesario que en las leyendas rotuladas de los anaqueles figuran el tipo de lubricantes, aceites y a que cantidad de horas se debe realizar el cambio. Asimismo, se debe indicar las piezas próximas a ser cambiadas, formatos de ordenamiento de los anaqueles y planes de contingencia.

Por otro lado, la tabla 33, muestra cómo se tiene que ponderar mediante criterios de tiempos y frecuencias de uso los factores que influyen en el área de trabajo.

Tabla 11 *Factorización de criterios de localización*

CÓDIGO:							
CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.							
FACTORIZACIÓN DE CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN							
Máquina:						Fecha:	
Marca:				Operario:		N°	
Ítem	Criterio	Frecuencia			Tiempo		Total
Factor		3	2	1	3	2	1
1	Localización de materiales de trabajo						
2	Localización de repuestos de trabajo						
3	Localización de aceites y lubricantes						
4	Localización de filtros						
5	Localización de herramientas de montaje y desmontaje						
6	Localización de equipos de protección personal						
7	Localización de materiales de limpieza						
8	Localización de extintores						
9	Localización de cilindros o botes						
Total							

Leyenda	
3	Muy importante
2	Regular
1	Importante

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Limpieza -Seiso

En la tabla 12, muestra un control de la limpieza para el área de mantenimiento y sus respectivos elementos que lo conforman.

Tabla 12 *Formato de limpieza de máquina*

[illegible]

Fuente: Elaboración propia

Es necesario que cada operario se encuentre capacitado en los procedimientos de limpieza, además se debe iniciar priorizando las maquinas críticas, finalizado estas se asistirá a las demás maquinas no menos importantes.

La tabla 13, muestra el procedimiento sobre la limpieza de las máquinas y áreas, esta es necesaria que el operario utilice para poder revisar cada actividad a realizar.

Tabla 13 *Formato de procedimiento de limpieza de máquina*

CÓDIGO:		
CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.		
PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DEL EQUIPO		
Duración: 30 minutos	Tipo de mantenimiento:	
Máquina:	Turno:	Fecha:
Marca:	Operario:	N°:
Descripción de actividades		
1	Utilizar equipo de protección personal	
2	Seleccionar los materiales para la limpieza del tipo de máquina	
3	Colocar el rotulo de inoperatividad por limpieza	
4	Retirar polvo, grasa, aceite y desperdicios de toda el área delimitado de la máquina con trapo seco	
5	Retirar polvo y desperdicios de la superficie de la máquina y de su interior.	
6	Extraer la grasa solidificada de la superficie de las piezas y limpiar el aceite de las superficies e interiores que han sido goteados por error.	
7	Quitar y retirar la manchas de pintura de la superficie y de su interior.	
8	Quitar el óxido de las superficies e identificar alguna zona crítica para su próximo tratamiento	
9	Informar al operario sobre la culminación de la limpieza.	
10	Retirar el rotulo de inoperatividad por limpieza	
11	Verificar que no exista ningún elemento que no pertenezca a la zona	
12	Inventariar materiales de limpieza utilizados para informar a almacenes	
Aprobado:		
Observación:		

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Estandarización -Seiketsu

Se asignará responsabilidades para mantener las condiciones de las tres primeras “S”, es así que el taller y oficina de mantenimiento; y almacén de repuestos tendrán un responsable, como se muestra la tabla 14

Tabla 14 *Responsable de limpieza*

Área	Responsable
Oficina	Personal administrativo
Taller zona de inspección	Técnicos mecánicos tipo 01
Taller zona de reparaciones	Técnicos mecánicos tipo 02
Taller zona de herramientas	Técnicos mecánicos tipo 03
Almacén de repuestos	Almacenero

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, cada responsable deberá cumplir con las tareas establecidas en el programa de limpieza, que se detalla en la tabla 15.

Tabla 15 *Programa de limpieza*

<div> <div> </div> <div>Programa de limpieza</div> </div>			
ITEM	UBICACIÓN	LABOR O TAREA	RECURRENCIA
1	Oficina	Desajo de basura de tachos de la oficina	diario
2		Limpieza de archivadores	diario
3		Barrido de pisos	diario
4		Trapear pisos	diario
5		Limpieza de teléfono	según necesidad
6		Limpieza monitor	diario
7		Desenpolvar bases de sillones y sillas, limpieza	semanal
8		Desenpolvar marcos y fillos de cuadros	semanal
9		Retiro de telarañas en área de oficina	quincenal
10		Limpieza de comisas	semanal
11		Limpieza de vidrios y ventanas o cuando amerite interiores	mensual
12		Limpieza ventanales fachada exterior	semestral
13	Zona de herramientas	Desajo de basura de tachos	diario
14		Limpieza y desinfectada de herramientas	diario
15		Limpieza y desinfectada de equipos	diario
16		Barrer pisos	diario
17	Zona de reparación	Trapear y desinfectar pisos	diario
18		Desajo de basura de tachos	diario
19		Limpieza de mesa de trabajo	diario
20		Barrer pisos	diario
21	Zona de inspección	Retiro de telarañas	quincenal
22		Recoger basura	diario
23		Desajo de basura de tachos	diario
24		barrer patio	2 veces por semana
25	Almacén	baldear patio	semanal
26		Limpieza anaques de monitores	semanal
27		Desajo de basura de tachos	diario
28		Limpieza racks PLC (exterior)	semanal
29		Revisión de condiciones y estado de presentación del almacén	permanentemente
30		barrer almacén	diario

Fuente: Elaboración propia

Para el control y seguimiento de las mejoras del programa de limpieza, se tendrá que dar implementar indicadores de inspección y limpieza, estos se muestran en el anexo 9.

3.1.5 Disciplina – Shitsuke

Esta última etapa de la implementación de las 5”S”, está enfocada en la creación de una cultura de limpieza y orden para cada operario involucrado. Además, se busca que el operario este comprometido en alinearse con lo nuevas políticas de la empresa, y apreciar los logros productivos obtenidos gracias a su participación.

Auditorias

Luego de implementar las 5 “s”, se obtendrá resultados que deberán ser comparados con el diagnóstico inicial, por lo que se tiene que realizar actividades que permitan controlar el nivel que se ha mejorado. Con este objetivo se propone que se realicen auditorias trimestrales.

Estas auditorías, evaluarán el avance de la implementación y cumplimiento de los indicadores que fueron establecidos, estos se encuentran en el anexo .8

Programa de entrenamiento

Para la implementación de las 5 “S”, se requiere que todo el personal esté involucrado, para que pueden contribuir en los logros y beneficios de esta mejora. La tabla 16, mostrará la planeación de la capacitación de las 5 “S”.

Tabla 16 *Capacitación 5 "s" - Mantenimiento*

NOVIEMBRE 2018								
Área	1	2	3	4	5	Número de operarios	Cantidad de horas	Total Horas-Hombre invertidas en capacitación 5 "s"
Mantenimiento	2	2	2		3	9	2	18

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se muestra el cronograma de actividades para implementación de las 5 “s”, las cuales se deben cumplir en el mes de noviembre del 2018.

Tabla 17 *Cronograma implementación 5 "s"*

	Noviembre 2018																													
N° Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1 Capacitar al personal																														
2 Clasificar - Seiri																														
3 Ordenar - Seiton																														
4 Limpiar - Seiro																														
5 Estandarizar - Seiketsu																														
6 Disciplina - Shitsuke																														
7 Auditoria																														

Fuente: Elaboración propia

3.2 Implementación del mantenimiento autónomo

3.2.1 Primera etapa – Limpieza Inicial

En esta primera etapa, se busca alcanzar las condiciones básicas de los equipos, utilizando como herramienta básica la limpieza inspección. Para esta se considerará trabajar de forma conjunta con implementación de las tres primeras “S”, de la metodología 5”S”

Al realizar la limpieza de las unidades, los conductores tendrán la posibilidad de ganar mayor conocimiento de sus máquinas, eliminar las fuentes de suciedad y pueden desarrollar estándares de limpieza. Para lograr este objetivo, se considerará capacitar al personal en la herramienta de las 5 “s”, según cronograma de la tabla

Tabla 18 *Capacitación 5 "s" - Conductores*

NOVIEMBRE 2018								
Área	1	2	3	4	5	Número de operarios	Cantidad de horas	Total Horas-Hombre invertidas en capacitación 5 "s"
Conductores	90	90	90		88	358	2	716

Fuente: Elaboración propia

Con los conocimientos de lo importante de la limpieza en una herramienta o equipo se deberá programar una jornada de limpieza inicial para los buses, para que sea el punto de partida del mantenimiento autónomo, deberá, tener la supervisión del Jefe de mantenimiento y Jefe de Patio.

El programa de limpieza inicial se ejecutará los domingos del mes de noviembre 2018, se considerará ese día como el descanso para el bus asignado y cada uno estará tendrá a 3-4 conductores. El tiempo empleado será de dos horas, estas serán remuneradas como pagos de horas extra, este cronograma se muestra en la tabla 19

Tabla 19 *Programa de limpieza de buses*

Noviembre 2018																																	
N° Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Número de operarios	Cantidad de horas	Total Horas-Hombre programa de limpieza inicial
1 Buses				24							24							24							33						105		
2 Conductores				88							88							88							93						357	2	714
3 Tecnicos mantenimiento				6							6							6							6						24	2	48
4 Jefe de Mantenimiento				1							1							1							1						4	2	8
5 Jefe de Patio				1							1							1							1						4	2	8

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Segunda etapa - Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles

En esta segunda etapa, una vez que los conductores realizaron la limpieza de los buses, experimentarán la necesidad de encontrar y proponer medidas para combatir las causas de la generación suciedad y desajustes.

Para lo cual, se manejará un formato para que el personal de forma voluntaria pueda proponer sugerencias e ideas para disminuir la contaminación y los tiempos de limpieza. En la tabla 20, se muestra dicho formato.

Tabla 20 *Formato de sugerencias para disminuir la contaminación*

FECHA:		
ÁREA:		
CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A. DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PROPUESTO		
ITEM	CONDICIÓN ACTUAL	PROPUESTA DE MEJORA
OBSERVACIÓN:		
CONDUCTOR:		

Fuente: Elaboración propia

Las ideas presentadas por el personal deberán ser evaluadas por el jefe de mantenimiento y Gerente de operaciones; y de este modo se tomará las medidas necesarias para eliminar las fuentes que contaminan, teniendo en cuenta la participación del conductor que presento la sugerencia.

El objetivo, de este paso es eliminar las fuentes que contaminan y facilitar el trabajo de limpieza e inspección, por ende reducir los tiempos de limpieza. Además, estas mejoras podrán influir en la disminuir la frecuencia de averías, la preparación y ajustes.

3.2.3 Tercera etapa - Estándares de limpieza y lubricación

Implementar estándares nos permite que las actividades de mantenimiento básico sean más rápidas. Por lo general, los estándares son fijados por personas que no van realizar el mantenimiento, generando que los conductores no conozcan las razones para seguir con estos estándares, ni lograr la motivación requerida para llevarlos a cabo.

La mejor forma de asegurar la adhesión por partes de los operarios a los estándares, es que ellos los fijen con la ayuda de los técnicos y jefe de mantenimiento. Es así, que se tiene que realizar las siguientes acciones iniciales para luego crear los estándares.

Realizar capacitaciones al personal técnico y conductores en diseño y mejoramiento de estándares, según cronograma de la tabla 21.

Tabla 21 *Capacitaciones diseño y mejoramiento de estándares*

Área	DICIEMBRE 2018				Número de operarios	Cantidad de horas	Total Horas-Hombre capacitación estándares
	2	3	4	5			
Conductores	90	90	90	87	357	2	714
Mantenimiento	2	2	2	3	9	2	18

Fuente: Elaboración propia

Luego, de la implementación de las rutinas de lubricación y con los conocimientos técnicos se deberá crear talleres en las que los operarios y personal de mantenimiento desarrollen y fijen estándares bajo la dirección y coordinación del área de mantenimiento.

Se sugiere utilizar un formato para poder documentar los estándares de lubricación, como se muestra en la tabla:

Tabla 22 *Estándar de limpieza y lubricación*

Bus: _____					
Estándares de limpieza	Método de limpieza	Tiempo	Día	Periodo Semana	Mes
Estándares de lubricación	Método de limpieza	Tiempo	Día	Periodo Semana	Mes
Observación					

Fuente: Elaboración propia

Por último, es necesario que se debe tener en cuenta que los estándares de limpieza lubricación deben realizar teniendo en cuenta los puntos críticos de los buses. Los tiempos de lubricación y limpieza deberán ser establecidos por consenso entre los conductores y técnicos de mantenimiento bajo la dirección del jefe de mantenimiento.

3.2.4 Cuarta etapa - Inspección general

En esta etapa de inspección general, el conductor deberá ser capaz de revisar las actividades que realiza el personal de mantenimiento, así mismo, verificar que las actividades programadas por él se cumplan. Para lo cual, utilizará, la tabla 38 para realizar las inspecciones de las actividades planteadas. Asimismo, para esta etapa ya cuenta con el conocimiento necesario para identificar las principales fallas de la máquina, y poder tomar decisiones para corregirlas.

Tabla 23 *Formato de la inspección de actividades*

CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.
INSPECCIÓN DE ACTIVIDADES

FECHA DE EJECUCIÓN	PLACA	HORA DE INICIO	HORA FINAL	ACTIVIDAD	CALIFICACIÓN			OBSERVACIÓN
					CUMPLE	CUMPLE PARCIAL	NO CUMPLE	

NOMBRE DEL RESPONSABLE:

CARGO:

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Quinta etapa - Inspección autónoma

En esta etapa, los estándares de limpieza y lubricación e inspecciones que serán establecidos, deberán ser comparados con la realidad, y realizar una evaluación para eliminar cualquier inconsistencia, para poder asegurar las actividades del mantenimiento autónomo.

Se tendrá que realizar una evaluación de los estándares existentes, además evaluar el porcentaje de cumplimiento, como se muestra en la tabla 24

Tabla 24 *Evaluación de estándares actuales*

CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A.

¿Qué?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	Seguimiento			Avance
						1	2	3	%Cumplido

Nombre del responsable:

Cargo:

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 Sexta etapa - Orden y limpieza del lugar de trabajo

Luego de ser aprobado, la mejora encontrada se debe estandarizar y se actualizará el plan de mantenimiento, lo cual permitirá que ya no se vuelva incurrir en los mismos errores u causen las mismas fallas en la máquina.

El área de mantenimiento es responsable de que exista un monitoreo sobre las mejoras actualizadas. Asimismo, el jefe de mantenimiento será el encargado de informar a toda la empresa mediante publicaciones.

3.2.7 Séptima etapa-Implantación plena del área de trabajo

Luego de implementar la metodología de mantenimiento autónomo, el conductor conocerá el bus y se hará responsable de que se encuentre disponible en las horas de producción. Por otro lado, al incluir las mejoras encontradas se debe dar inicio de nuevo a la primera etapa e. inclusive, cuando la flota de unidades incremente, el operario debe reconocer que posibles fallas pueden ocurrir y anticiparse a ello

Auditoría del cumplimiento autónomo

Se realizará un control sobre los pasos de la implementación, y así poder evaluar si se realizan los pasos de forma adecuada, la tabla 25 muestra los criterios y pesos a ser auditados.

Tabla 25 *Formato para auditoria de mantenimiento autónomo*

CONSORCIO TRANSPORTE AREQUIPA S.A. TEMAS PARA REVISION DE AUDITORIA M. AUTONOMO			
ÁREA	PESO	PUNTAJE 0 AL 10	COMENTARIOS DEL AUDITOR
¿El estado de limpieza alcanzado en la etapa 1 se mantiene?	18%		
¿Están implementadas las contramedidas para eliminar las fuentes de contaminación?	25%		
¿Están implementadas las contramedidas contra las dificultades de limpieza, inspección y lubricación?	40%		
¿Son las actividades del grupo realmente efectivas?	17%		
Total	100%		
NOMBRE DEL RESPONSABLE:			
CARGO:			

Fuente: Elaboración propia

3.3 Implementación del RCM

Para la implementación de la metodología RCM, se procederá a seguir los lineamientos establecidos en la norma SAE JA1011.

1. Fase 0: Conformación del equipo de trabajo RCM
2. Fase 1: Identificación de los subsistemas
3. Fase 2: Codificación y listado de todos componentes de los subsistemas
4. Fase 3: Elaboración de la matriz de análisis de modos y efectos de falla
5. Fase 4: Elaboración de las rutinas de mantenimiento
6. Fase 5: Puesta en marcha de las medidas preventivas
7. Fase 6: Control de los resultados obtenidos

3.3.1 Fase 0: Conformación del equipo de trabajo RCM

Para iniciar el proceso de implementación se tiene que formar equipos de trabajo, conformado por empleados de diferentes áreas de la empresa.

La estructura planteada consistirá en un técnico mecánico, dos conductores y como líder del equipo el Jefe de Mantenimiento. A continuación, se describen las funciones del equipo RCM:

- a) Líder del proyecto (Personal contratado)

- Preparar y dar el entrenamiento al personal.
- Apoyar en las preguntas a los líderes de equipo e informales lo que se necesita.
- Ayudar en los informes.

b) Líder del equipo (Jefe de mantenimiento)

- Ejecutar capacitación internas en el equipo de trabajo.
- Revisar y asignar las tareas diarias.
- Participar en la preparación del plan de mantenimiento.

c) Participantes (Técnico mecánico y conductores)

- Ejecutar el plan de mantenimiento.
- Gestionar el mantenimiento de los buses.
- Brindar en mejoras que se podrían encontrar en la gestión de mantenimiento.

Además, se consideró los siguientes aspectos para conformar los equipos de trabajo.

- El equipo debe estar conformado 3-4 personas.
- El personal del equipo no dejará de cumplir sus funciones normales, el tiempo empleado en la implementación será fuera del horario de oficina, remunerando las horas extra.

3.3.2 Fase 1: Identificación de los subsistemas

Para el estudio se ha considerado los buses de la empresa como los subsistemas. Todas las unidades son de Marca Volkswagen y motor delantero modelo 17.210.OD, como se muestra en la figura 35.

Figura 35 Volkswagen 17.210 OD

Fuente: Manual Volkswagen 17.210 OD

3.3.3 Fase 2: Codificación y listado de todos componentes de los subsistemas

Los buses de la empresa se codifican con su placa de rodaje, el detalle de las 105 unidades se encuentran en el anexo 2.

Previo al análisis del funcionamiento de cada componente se debe hacer un análisis de criticidad de los subsistemas. Esto nos permite jerarquizar en referencia a la criticidad y dar prioridad e iniciar en estos.

Con la finalidad de estandarizar los datos que se tienen y poder medirlos bajo una misma escala, se necesita establecer rangos con su respectiva puntuación a cada criterio. Como la empresa no cuenta con estos rangos, se tomó como referencia la norma SAE JA1011 y se analizó el historial de averías, kilómetros recorridos, horas no programadas, costo de mantenimiento y consumo de

combustible. Además, con entrevistas del personal técnico y administrativo de la empresa se logró definir los siguientes rangos anuales.

- **Frecuencia de averías:**

Es el número de averías que los buses pueden tener durante un año.

Tabla 26 *Rango de valores - Frecuencia de averías*

Frecuencia de averías	Puntaje
Mayor a 15 averías / Año	5
11 a 15 averías / Año	4
7 a 10 averías / Año	3
04 a 06 averías / Año	2
Menos a 03 averías / Año	1

Fuente: Elaboración Propia

- **Impacto operacional**

El impacto operacional está en relación al porcentaje de kilómetros que no fueron ejecutados.

Tabla 27 Rango de valores – Impacto operacional

Impacto Operacional	Puntaje
Mayor 5% de kilómetros	3
Entre 2% a 5% de kilómetros	2
Menor al 1% de kilómetros	1

Fuente: Elaboración Propia

- **Flexibilidad operacional:**

Es la cantidad horas que las unidades dejaron de operar cuando tuvieron averías

Tabla 28 *Rango de valores – Flexibilidad operacional*

Horas fuera de servicio - Año	Puntaje
Mayor a 120 horas / Año	4
101 a 120 horas / Año	3
51 a 100 horas / Año	2
Menos a 50 horas / Año	1

Fuente: Elaboración Propia

- **Costo de mantenimiento**

Es costo en que se incurre cuando el bus tuvo averías

Tabla 29 *Rango de valores – Costo de mantenimiento*

Costo de Mantenimiento	Puntaje
Mayor a S/. 14 000 soles	4
S/. 10 000 a S/.13 999	3
S/. 4 000 a S/.9 999	2
Menor a S/. 4 000 soles	1

Fuente: Elaboración Propia

- **Impacto energético**

El impacto energético del bus está en relación al combustible que consume.

Tabla 30 *Rango de valores – Impacto energético*

Impacto energetico	Puntaje
Mayor a 30 000 m3	8
20 001 a 30 000 m3	6
10 001 a 20 000 m3	4
Menor a 10 000 m3	2

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de criticidad en base a los criterios establecidos por cada bus, se adjunta en el anexo 7.

Con el valor de criticidad de cada bus, se definirá en que cuadrante de la Matriz de criticidad, establecida por la norma SAE JA 101, se encuentra cada bus.

Figura 36 Matriz de criticidad

Fuente: SAE JA1011 normativa RCM

Luego, de distribuir cada bus a su respectivo nivel de criticidad, se observa que 5 buses están en un nivel alto en criticidad. Por otro lado, 59 y 41 buses están en un nivel medio y bajo respectivamente, este se muestra en la figura 37.

Figura 37 Número de buses - Nivel de Criticidad

Fuente: Elaboración Propia

Figura 38 Unidades con nivel alto de criticidad

Fuente: Elaboración Propia

Luego de haber definido la criticidad de los buses, se procederá a la ejecución de la matriz AMEF, será aplicado a los buses con mayor criticidad, como muestra la figura 38. Al resto de los equipos también les será aplicado el mantenimiento, sin embargo con un nivel de intensidad bajo en relación a los buses críticos.

3.3.4 Fase 3: Elaboración de la matriz de análisis de modos y efectos de falla

Para que la matriz AMEF cumpla con la finalidad de servir como herramienta de análisis se debe realizar la descomposición de los subsistemas críticos en componentes. Para poder realizar el análisis en detalle cada uno. La descomposición de cada componente permitirá describir su funcionalidad y los modos de fallo relacionados a cada función. Para así poder definir cuáles son los efectos de ellos.

- **Severidad**

En el valor que se le puede asignar a un modo de fallo de acuerdo al efecto que produce cuando se afecta el funcionamiento de un equipo, la escala de severidad y la descripción por cada efecto se muestra en la tabla 31.

Tabla 31 *Tabla de severidad*

Efecto	Descripción	Valor
Peligroso sin advertencia	Cuando se pone en riesgo vidas humanas, afecta severamente a la producción, afecta severamente al medio ambiente o deja de cumplir con las regulaciones gubernamentales, sin avisar al fallar.	10
Peligroso con advertencia	Cuando se pone en riesgo vidas humanas, afecta severamente a la producción, afecta severamente al medio ambiente o deja de cumplir con las regulaciones gubernamentales, avisando al fallar.	9
Muy alto	Perdida de la función primaria del equipo	8
Alto	El equipo funciona, pero su rendimiento es extremadamente pobre ($10\% > \eta$)	7
Moderado	El equipo funciona pero hay una pérdida considerable de la eficiencia ($50\% > \eta > 10\%$)	6
Bajo	El equipo puede mantenerse funcionando a eficiencias poco aceptables ($75\% > \eta > 50\%$)	5
Muy bajo	El equipo puede mantenerse funcionando a eficiencias medianamente aceptables ($90\% > \eta > 75\%$)	4
Menor	El equipo puede mantenerse funcionando a eficiencias bastante aceptables ($\eta > 90\%$)	3
Muy menor	El equipo funciona adecuadamente, pero presenta ruidos, vibraciones, olores o despiden humo.	2
Ninguno	No produce ninguna consecuencia	1

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 31, muestra la escala de severidad del 1 a 10 que será usado dentro de la matriz AMEF para el cálculo del NPR (número de prioridad de riesgo) de cada modo de fallo.

- **Ocurrencia**

En el valor que se le puede asignar a un modo de fallo de acuerdo al efecto que produce cuando se afecta el funcionamiento de un equipo, la escala de ocurrencia y la descripción por cada efecto se muestra en la tabla 32.

Tabla 32 *Tabla de ocurrencia*

Efecto	Descripción	Rango
Muy Alta	Más de 15 por año	9 al 10
Alta	Entre 10 y 14 por año	7 al 8
Moderada	Entre 4 y 9 por año	4 al 6
Baja	Menos de 3 por año	1 al 3

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 32, muestra la escala de ocurrencia establecido en rangos que será usado dentro de la matriz AMFE.

- **Detección**

En el valor que se le puede asignar a un modo de fallo de acuerdo al efecto que produce cuando se afecta el funcionamiento de un equipo, la escala de detección y la descripción por cada efecto se muestra en la tabla 33.

Tabla 33 *Tabla de detección*

Efecto	Descripción	Rango
Definitivamente incierta	El conductor no podrá detectar una posible causa y su consiguiente modo de falla	9 o 10
Improbable	Las probabilidades de que un conductor una posible causa y su consiguiente modo de falla son bajas	7 u 8
Muy probable	Las probabilidades de que un conductor una posible causa y su consiguiente modo de falla son altas	3 al 6
Definitivamente cierta	El conductor podrá detectar una posible causa y su consiguiente modo de falla	1 o 2

Fuente: Elaboración Propia

Luego, de haber definido los valores que podrían tomar severidad, ocurrencia y detección, se procederá al cálculo del Nivel de Prioridad de Riesgo.

Tabla 34 *Tabla de AMEF ABC-806*

Componente	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Asientos	Mantener confort de los pasajeros	Asientos Rotos	Asientos inestables	Inconfort de los pasajeros	1	1	1	1
Batería	Proveer corriente eléctrica al sistema de arranque	No se podrá prender la unidad	Batería descargada	Unidad inmovilizada	8	2	1	16
Aceite del motor	Lubricar el motor	No se lubrica el motor	Nivel de aceite bajo	Deterioro de la maquina	6	2	9	108
Motor	Realizar la combustión interna	Problemas del motor	Descompresión del motor	Perdida de potencia del motor	5	1	3	15
Dirección	Controlar la trayectoria del bus	Problemas en dirección	Nivel del fluido de la dirección hidráulica bajo	Posibles choques	9	1	1	9
Embrague	Accionar el disco para cambios	Problemas en embrague	Nivel del fluido del embrague bajo	Deterioro componentes	6	2	1	12
Frenos	Detener el vehículo	Problemas en frenos	Desgaste de los componentes	Deterioro del sistema de frenado	9	2	1	18
Puertas	Prevenir accidentes	Problemas en Puertas	Desconfiguración de las puertas	Posibles accidentes	9	1	1	9
Sistema de aire	Distribuir el aire a los pulmones de freno	Problemas en Sistema de aire	Ruptura de la manguera serpentín	Posibles choques	10	3	5	150
Obturador de luz	Regular la luz del bus	Problemas Sistema de Iluminación	Manipulación indebida	Poca visibilizar durante la noche	2	1	1	2
Modulo ICM	Controlar el encendido del bus	Problemas con el modulo ICM	Practicas indebidas al operar el bus	Corto circuito	8	1	7	56

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 *Tabla de AMEF ALD-817*

Componente	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Caja de cambios	Regular cambios	Problemas caja de cambios	Prácticas indebidas al manejar	Deterioro componentes	8	1	1	8
Computadora del bus	Monitorear el sistema eléctrico	Problemas eléctricos	Prácticas indebidas al manejar	Corto circuito	9	1	5	45
Dirección	Controlar la trayectoria del bus	Problemas en dirección	Nivel del fluido de la dirección hidráulica bajo	Posibles choques	9	1	1	9
Embrague	Accionar el disco para cambios	Problemas en embrague	Nivel del fluido del embrague bajo	Deterioro componentes	9	3	1	27
Frenos	Detener el vehículo	Problemas en frenos	Desgaste de los componentes	Deterioro del sistema de frenado	9	1	1	9
Motor	Realizar la combustión interna	Problemas del motor	Descompresión del motor	Perdida de potencia del motor	5	2	1	10
Motor	Realizar la combustión interna	Problemas con las bujías	Prácticas indebidas al manejar	Arranque del motor prolongados	8	1	1	8
Sistema de aire	Distribuir el aire a los pulmones de freno	Problemas en Sistema de aire	Ruptura de la manguera serpentín	Posibles choques	10	1	5	50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36 *Tabla de AMEF ALD-731*

Componente	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Aceite del motor	Lubricar el motor	No se lubrica de forma completa	Nivel de aceite bajo	Deterioro de la maquina	6	1	6	36
Caja de cambios	Regular cambios	Problemas caja de cambios	Prácticas indebidas al manejar	Deterioro componentes	7	2	2	28
Motor	Realizar la combustión interna	Problemas del motor	Descompresión del motor	Perdida de potencia del motor	7	1	2	14
Computadora del bus	Monitorear el sistema eléctrico	Problemas eléctricos	Prácticas indebidas al manejar	Corto circuito	9	1	5	45
Cableado	Transmitir fluido eléctrico	Problemas en Claxon	Practicas indebidas al manejar	Corto circuito	9	1	1	9
Dirección	Controlar la trayectoria del bus	Problemas en dirección	Nivel del fluido de la dirección hidráulica bajo	Posibles choques	9	1	1	9
Embrague	Accionar el disco para cambios	Problemas en embrague	Nivel del fluido del embrague	Deterioro componentes	6	1	1	6
Frenos	Detener el vehículo	Problemas en frenos	Desgaste de los componentes	Deterioro del sistema de frenado	6	1	1	6
Carrocería	Albergar en su interior al conductor y pasajeros	Problemas en Problemas en Pintura	Choques en la vida publica	Bus parado	8	2	1	16
Puertas	Prevenir accidentes	Problemas en Puertas	Desconfiguración de las puertas	Posibles accidentes	10	2	1	20
Limpia parabrisas	Limpiar parabrisas	Problemas plumillas/trico	Desgaste de los componentes	Perdida de la visibilidad en caso de lluvia	2	2	1	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37 *Tabla de AMEF ABI-861*

Componente	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Batería	Proveer corriente eléctrica al sistema de arranque	No se podrá prender la unidad	Batería descargada	Unidad inmovilizada	8	1	1	8
Motor	Realizar la combustión interna	Problemas del motor	Descompresión del motor	Perdida de potencia del motor	6	2	3	36
Cableado	Transmitir fluido eléctrico	Problemas en Claxon	Prácticas indebidas al manejar	Corto circuito	2	2	1	4
Embrague	Accionar el disco para cambios	Problemas en embrague	Nivel del fluido del embrague	Deterioro componentes	7	2	3	42
Frenos	Detener el vehículo	Problemas en frenos	Desgaste de los componentes	Deterioro del sistema de frenado	7	2	3	42
Sistema de aire	Distribuir el aire a los pulmones de freno	Problemas en Sistema de aire	Ruptura de la manguera serpentín	Posibles choques	10	1	8	80
Obturador de luz	Regular la luz del bus	Problemas Sistema de Iluminación	Manipulación indebida	Poca visibilizar durante la noche	1	1	2	2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38 *Tabla de AMEF ABB-844*

Componente	Función que desempeña	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Aceite del motor	Lubricar el motor	No se lubrica de forma completa	Nivel de aceite bajo	Deterioro de la maquina	7	1	7	49
Caja de cambios	Regular cambios	Problemas caja de cambios	Prácticas indebidas al manejar	Deterioro componentes	6	1	3	18
Sistema de aire	Distribuir el aire a los pulmones de freno	Problemas en Sistema de aire	Ruptura de la manguera serpentín	Posibles choques	10	1	8	80
Embrague	Accionar el disco para cambios	Problemas en embrague	Nivel del fluido del embrague bajo	Deterioro componentes	6	3	3	54
Frenos	Detener el vehículo	Problemas en frenos	Desgaste de los componentes	Deterioro del sistema de frenado	7	2	4	56
Carrocería	Albergar en su interior al conductor y pasajeros	Problemas en Pintura	Choques en la vida publica	Bus parado	8	1	1	8
Motor	Realizar la combustión interna	Cambios de filtros	Cambios fuera del mantenimiento programado	Bus parado	8	1	8	64
Neumáticos	Contener el aire	Fuga de aire	Neumáticos pinchados	Bus parado	8	1	1	8

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, la elaboración de la matriz AMEF servirá como herramienta para poder definir qué componentes se tiene que realizar sus mantenimientos de forma activa y así prevenir la extensión dentro del sub sistema. Gracias, a la aplicación del AMEF se puede complementar el más importante en la implementación del RCM, la creación de rutinas de mantenimiento.

3.3.5 Fase 4: Elaboración de las rutinas de mantenimiento

Luego de haber realizado la matriz AMEF, se puede realizar una serie de actividades para prevenir o disminuir los efectos de falla por cada componente. Por lo que, se creará rutinas de mantenimiento, en donde detalle dichas actividades, para que los operarios no omita ninguno de los pasos. Además, permitirá que se lleve el control de las actividades y las horas necesarias para llevar el mantenimiento.

La aplicación de las rutas de mantenimiento, no lo se aplicará a las unidades que se le realizó el AMEF. Por el contrario, a todos los equipos les fue creada una rutina. La diferencia consiste en lo detallado que pueden ser las rutinas, para aquellos casos que se aplicó RCM, mientras que a los otros casos son más generales. Así como la frecuencia de su aplicación.

Para la creación de rutinas de mantenimiento se presenta el siguiente formato, que tiene como propósito indicar las actividades a realizar y prevenir las ocurrencias de los modos de fallos.

Figura 39 Formato de rutina de mantenimiento

Duración: 05 minutos Responsable: Técnico de mantenimiento	
Rutina de mantenimiento			
Componente:		Equipo:	
Sistema de aire		Bus volksbus 17.210 OD	
		Modo de fallo :	
		Ruptura de la manguera serpentín	
ITEM	ACTIVIDADES	IMAGEN REFERENCIAL	MEDIDAS DE SEGURIDAD
1	Comprobar que la manguera serpentín no tenga rajaduras
2	Comprobar que los extremos de la manguera no presente desgastes		
3	Comprobar el nivel de aire indique sea el indicado		

Fuente: Elaboración Propia

En el formato de la figura 39, utilizado para las rutinas de mantenimiento, se aprecian tres secciones claras: las actividades, imagen referencial y las medidas de seguridad. El objetivo consiste en que el personal a realizar estas rutinas tenga definido todas las actividades a realizar para prevenir un modo de fallo al componente que le está realizando el mantenimiento. Las rutinas de mantenimiento a realizar se adjuntan en el anexo 7

3.3.6 Fase 5: Puesta en marcha de las medidas preventivas

Luego de obtener toda la información sobre la implementación de RCM, se debe hacer el anuncio formal de la implementación a todos los colaboradores sobre las metodologías RCM, como se muestra en la figura 40.

Figura 40 Afiche de lanzamiento del RCM

Fuente: Elaboración Propia

Posterior a ello, se tiene que implementar las capacitaciones a todos los colaboradores para que puedan obtener el conocimiento técnico del mantenimiento específico sobre las especificaciones técnicas del bus.

Además, se entrenará al personal sobre herramientas de calidad y mejora de procesos para que desarrollen la capacidad de identificar y evaluar las causas con sus efectos. Por último, se brindará talleres de Office 2016 para que se tengan la competencia analítica de manejo de bases de datos. Teniendo en consideración todas las necesidades se lleva a cabo el plan de capacitaciones descrito en la tabla 39

Este entrenamiento, tendrá una duración de seis horas cada una, las cuales serán consideradas como pago extra para el personal.

Tabla 39 Plan de capacitaciones - RCM

			Diciembre 2018								
Temas	Encargado		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mantenimiento de buses - Motor	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Transmisión	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Embrague	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Ejes	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Suspensión	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Dirección	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Chasis	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Ruedas y neumáticos	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Frenos	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Mantenimiento de buses - Sistema eléctrico	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase en taller	Líder Equipo									
	Evaluación en taller	Líder Equipo									
Herramientas de calidad y mejora de procesos	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase practica	Líder Proyecto									
	Evaluación	Líder Proyecto									
Office 2016	Clase teórica	Líder Proyecto									
	Clase practica	Líder Proyecto									
	Evaluación	Líder Proyecto									

Fuente: Elaboración Propia

Luego, del entrenamiento del personal se procedió a ejecutar las rutinas de mantenimiento pero ahora con conocimientos consolidados del bus y sus componentes. Finalmente, como estas rutinas de mantenimiento puede tener modificaciones se realizará un cronograma de implementación del RCM en un periodo de cuatro meses, como se muestra en la tabla 40.

Tabla 40 *Cronograma de Proyecto - RCM*

		Enero				Febrero				Marzo				Abril			
Fase	Entregables	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Diagnóstico	Diagnóstico inicial																
	Propuesta de implementación RCM																
Plan de implementación	Inventario de componentes																
	Matriz AMFE																
	Plan de implementación RCM																
Ejecución	Entrenamiento personal																
	Registro fallos ocurridos																
	Informe de control																
Evaluación	Informe de control comparativo																
Estandarización	Documento estandarizado																
	Auditorias para el RCM																

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7 Fase 6: Control de los resultados obtenidos

Luego de implementar las mejoras sugeridas en el plan de mantenimiento, se obtendrá resultados que deberán ser comparados con el diagnóstico inicial, por lo que se tiene que realizar actividades que permitan controlar el nivel que se ha mejorado. Con este objetivo se propone que se realicen auditorias cuatrimestralmente.

3.4.1 Costos e inversión implementación 5 “s”

. Se cuantificará estos costos en base a las remuneraciones mensuales para cada integrante y mediante un cálculo se obtiene la remuneración por horas, estos valores se muestran en la tabla 42.

Tabla 42 *Remuneración entrenamiento 5 "s"*

Integrantes	Remuneración Mensual	Remuneración Semanal	Remuneración por hora
Conductores	S/. 1,365.00	S/. 341.25	S/. 5.69
Mantenimiento	S/. 1,800.00	S/. 450.00	S/. 7.50

Fuente: Elaboración Propia

Con el valor unitario por hora de trabajo de conductores y personas de mantenimiento, se calculará la inversión necesaria para la capacitación de 5 “s”; este valor se obtendrá del producto de horas hombre invertidas para la capacitación por el valor de remuneración por hora, como se muestra en la tabla 43.

Tabla 43 *Inversión de entrenamiento en 5 "s"*

NOVIEMBRE 2018			
Área	Total Horas-Hombre invertidas en capacitación 5 "s"	Remuneración por hora	Total
Conductores	714	S/. 5.69	S/. 4,062.66
Mantenimiento	18	S/. 7.50	S/. 135.00
			S/. 4,197.66

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 43, muestra que la inversión total para ser capacitados en metodología 5 “s” es de 4 197.66 soles.

Además, se deberán incurrir en materiales y anaqueles, el costo promedio asignado será de 3200 soles.

3.4.2 Costos e inversión implementación mantenimiento autónomo

Se cuantificará los costos en base a las remuneraciones mensuales para cada integrante y mediante un cálculo se obtiene la remuneración por horas, estos valores se muestran en la tabla 44.

Tabla 44 *Remuneración entrenamiento mantenimiento autónomo*

Integrantes	Remuneración Mensual	Remuneración Semanal	Remuneración por hora
Conductores	S/. 1,365.00	S/. 341.25	S/. 5.69
Mantenimiento	S/. 1,800.00	S/. 450.00	S/. 7.50

Fuente: Elaboración Propia

Con el valor unitario por hora de trabajo de conductores y personas de mantenimiento, se calculará la inversión necesaria para el entrenamiento del mantenimiento autónomo; este valor se obtendrá del producto de horas hombre invertidas para la capacitación por el valor de remuneración por hora, como se muestra en la tabla 45.

Tabla 45 *Inversión de entrenamiento en mantenimiento autónomo*

		NOVIEMBRE 2018			
Área	Total Horas-Hombre invertidas en mantenimiento autonomo	Remuneración por hora		Total	
Conductores	714	S/.	5.69	S/.	4,062.66
Mantenimiento	18	S/.	7.50	S/.	135.00
				S/.	4,197.66

La tabla 45, muestra que la inversión total para ser capacitados en mantenimiento autónomo es de 4 197.66 soles.

3.4.3 Costos e inversión implementación metodología RCM

Se cuantificará los costos en base a las remuneraciones mensuales para cada integrante y mediante un cálculo se obtiene la remuneración por horas, estos valores se muestran en la tabla 46.

Tabla 46 *Remuneración del equipo RCM*

Integrantes	Remuneración Mensual	Remuneración Semanal
Líder del proyecto	S/.4,400.00	S/.1,100.00
Líder del equipo	S/.3,500.00	S/. 875.00
Técnico Mecánico	S/.1,800.00	S/. 450.00
Conductor	S/.1,365.00	S/. 341.25

Fuente: Elaboración Propia

El líder proyecto es un personal contratado externo con conocimientos en metodologías de mejora continua y del rubro de la empresa. El equipo de implementación de RCM, deberá contar

con un líder del equipo, que será el jefe de mantenimiento, un técnico de mecánico y dos conductores de la empresa.

El líder del proyecto, en la fase cero deberá planear las capacitaciones al primer equipo de RCM, y esta inversión será remunerada como horas extra.

Tabla 47 Inversión totales - Fase Cero

Fase	Integrantes	Cantidad	Horas	Costo Hora	Inversión Total
Cero	Conductor	2	36	S/. 5.69	S/. 409.68
	Técnico Mecánico	1	36	S/. 7.50	S/. 270.00
	Líder del equipo	1	36	S/. 14.58	S/. 524.88
Total				S/. 1,204.56	

Fuente: Elaboración Propia

La tabal 47, muestra la inversión total para la fase cero La inversión total, es el calculado como el producto de la cantidad de integrantes, la participación de semanas y el costo por semana de cada integrante.

Luego, de crear el primer equipo RCM se deberá costear la fase de implementación para próximos equipos de trabajo en base al cronograma establecido, es así que calculará el costo por cada fase.

Tabla 48 *Costos totales - Fase Diagnostico*

Fase	Entregables	Integrantes	Cantidad	Semanas	Costo semanal	Costo Total
Diagnóstico	Diagnóstico inicial	Líder del equipo	1	1	S/. 875.00	S/. 875.00
		Técnico Mecánico	1	2	S/. 450.00	S/. 900.00
		Conductor	2	1	S/. 341.25	S/. 682.50
	Propuesta de implementación RCM	Líder del equipo	1	1	S/. 875.00	S/. 875.00
Total						S/.3,332.50

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 48, muestra los costos totales para la fase de diagnóstico inicial. El costo total es el calculado como el producto de la cantidad de integrantes, la participación de semanas y el costo por semana de cada integrante.

Tabla 49 *Costos totales - Fase Implementación*

Fase	Entregables	Integrantes	Cantidad	Semanas	Costo semanal	Costo Total
Plan de implementación	Inventario de componentes	Conductor	2	1	S/. 341.25	S/. 682.50
		Líder del equipo	1	2	S/. 875.00	S/. 1,750.00
	Matriz AMFE	Técnico Mecánico	1	2	S/. 450.00	S/. 900.00
		Conductor	2	2	S/. 341.25	S/. 1,365.00
	Plan de implementación RCM	Líder del equipo	1	1	S/. 875.00	S/. 875.00
Total						S/.5,572.50

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 49, muestra los costos empleados en el plan de implementación. El costo total es el calculado como el producto de la cantidad de integrantes, la participación de semanas y el costo por semana de cada integrante.

Tabla 50 *Costos totales - Fase Ejecución*

Fase	Entregables	Integrantes	Cantidad	Semanas	Costo semanal	Costo Total
Ejecución	Registro fallos ocurridos	Líder del equipo	1	1	S/. 875.00	S/. 875.00
	Entrenamiento personal	Conductor	2	2.33	S/. 341.25	S/. 1,590.23
	Informe de control	Técnico Mecánico	1	1	S/. 450.00	S/. 450.00
Total						S/. 1,325.00

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 50, muestra los costos totales incurridos en la ejecución del proyecto. El costo total es el calculado como el producto de la cantidad de integrantes, la participación de semanas y el costo por semana de cada integrante. El valor colocado como inversión es considerado el entrenamiento del personal.

Tabla 51 *Costos Totales - Fase Evaluación*

Fase	Entregables	Integrantes	Cantidad	Semanas	Costo semanal	Costo Total
Evaluación	Informe de control comparativo	Líder del equipo	2	1	S/. 875.00	S/. 1,750.00
Total						S/. 1,750.00

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 51, muestra la cantidad de recursos y los costos totales para la fase de evaluación. El costo total es el calculado como el producto de la cantidad de integrantes, la participación de semanas y el costo por semana de cada integrante

Tabla 52 *Costos Totales - Fase Estandarización*

Fase	Entregables	Integrantes	Cantidad	Semanas	Costo semanal	Costo Total
Estandarización	Documento estandarizado	Líder del equipo	2	1	S/. 875.00	S/. 1,750.00
	Auditorias para el RCM	Líder del equipo	1	1	S/. 875.00	S/. 875.00
					Total	S/. 2,625.00

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 52, muestra la cantidad de recursos y los costos totales para la fase de estandarización. El costo total es el calculado como el producto de la cantidad de integrantes, la participación de semanas y el costo por semana de cada integrante

Conociendo los costos e inversiones de la implementación Se debe elaborar la distribución de estos montos durante los meses de implementación del proyecto para la elaboración del flujo de caja. Se puede concluir que la inversión del proyecto queda determinada por las horas extras pagadas para el entrenamiento de los operadores, mientras que los costos del proyecto quedan determinados por el uso de los recursos propios de las empresas utilizadas para lograr cada entregable.

El siguiente paso luego de conocer cuáles son los costos totales y la inversión es colocar estos montos acuerdo a lo planeado en el cronograma del proyecto. Como se observa en la tabla la inversión calculada contabilizando el monto acumulado por todos los entregables sería un total de S/. 76 365 soles. Por otro lado, la tabla presenta la información respecto a los costos que implican el uso de recursos propios de la empresa dentro del proyecto, estos ascienden a S/.39 267.50 durante el periodo de noviembre 2018 a octubre 2019, donde tiene vigencia el proyecto.

Tabla 53 *Inversión Total* -

Inversión	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Inversión entrenamiento 5"S"	S/. 4,197.66		S/. 12,375.42									
Inversión entrenamiento mantenimiento autónomo	S/. 4,197.66											
Inversión entrenamiento RCM		S/. 1,204.56			S/. 1,590.24							
Inversión contratar líder proyecto	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00
Total	S/. 12,795.32	S/. 5,604.56	S/. 16,775.42	S/. 4,400.00	S/. 5,990.24	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54 *Costos Totales*

Fase	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Diagnóstico			S/. 2,650.00				S/. 2,650.00				S/. 2,650.00	
Plan de implementación				S/. 5,572.50				S/. 5,572.50				S/. 5,572.50
Ejecución					S/. 875.00	S/. 450.00			S/. 875.00	S/. 450.00		
Evaluación						S/. 1,750.00				S/. 1,750.00		
Estandarización						S/. 2,625.00				S/. 2,625.00		
Costos de anaques	S/. 3,200.00											
Total	S/. 3,200.00	S/. -	S/. 2,650.00	S/. 5,572.50	S/. 875.00	S/. 4,825.00	S/. 2,650.00	S/. 5,572.50	S/. 875.00	S/. 4,825.00	S/. 2,650.00	S/. 5,572.50

Fuente: Elaboración Propia

4 Capítulo 4 – Validación de la solución de ingeniería

4.1 Evaluación económica del proyecto

La tabla 55, muestra el costo de oportunidad de producción que representa los tiempos de paradas no programadas. Para determinar esto hacemos uso de los datos brindados en el anexo 2 y 3; donde muestran los tiempos de paradas no programadas y el ingreso promedio por hora.

Tabla 55 *Costo de oportunidad de las paradas no programadas*

Mes	Tiempo de Paradas No Programadas	Ingreso promedio por hora	Costo de oportunidad de producción
Jul-17	197.03	36.41	7,172.99
Ago-17	230.73	41.87	9,659.61
Set-17	626.85	33.54	21,027.53
Oct-17	516.95	27.60	14,265.75
Nov-17	363.30	38.85	14,115.13
Dic-17	262.16	30.36	7,958.20
Ene-18	484.20	35.84	17,353.90
Feb-18	234.45	43.66	10,235.78
Mar-18	268.14	47.98	12,864.60
Abr-18	356.63	38.74	13,814.36
May-18	587.73	36.53	21,471.57
Jun-18	327.18	47.98	15,696.64
Total			165,636.06

Fuente: Elaboración Propia

Luego de la implementar el proyecto, se espera que los tiempos de paradas no programadas se reduzcan a cero. Es decir, en el supuesto que los kilómetros programados se mantengan durante el año, los ingresos esperados será nuestro costo de oportunidad de la producción actual.

Del capítulo tres, podemos encontrar los costos e inversión del proyecto y con el costo de oportunidad, se procede a determinar el flujo de caja por cada periodo y el acumulado con el fin de determinar cuál es el VAN y el TIR

Tabla 56 VAN y TIR 2018- 2019

Inversión	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Inversión entrenamiento S"S"	S/. 4,197.66		S/. 12,375.42									
Inversión entrenamiento mantenimiento autónomo	S/. 4,197.66											
Inversión entrenamiento RCM		S/. 1,204.56			S/. 1,590.24							
Inversión contratar líder proyecto	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00
Total	S/. 12,795.32	S/. 5,604.56	S/. 16,775.42	S/. 4,400.00	S/. 5,990.24	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00	S/. 4,400.00

Fase	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Diagnóstico			S/. 2,650.00				2650				2650	
Plan de implementación				S/. 5,572.50				5572.5				5572.5
Ejecución					875	450			875	450		
Evaluación						1750				1750		
Estandarización						2625				2625		
Costos de anaqueles	S/. 3,200.00											
Total	S/. 3,200.00	S/. -	S/. 2,650.00	S/. 5,572.50	S/. 875.00	S/. 4,825.00	S/. 2,650.00	S/. 5,572.50	S/. 875.00	S/. 4,825.00	S/. 2,650.00	S/. 5,572.50

Ahorro	S/. 14,115.13	S/. 7,958.20	S/. 17,353.90	S/. 10,235.78	S/. 12,864.60	S/. 13,814.36	S/. 21,471.57	S/. 15,696.64	S/. 7,172.99	S/. 9,659.61	S/. 21,027.53	S/. 14,265.75
---------------	----------------------	---------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	----------------------

Flujo caja	-S/. 1,880.19	S/. 2,353.64	-S/. 2,071.52	S/. 263.28	S/. 5,999.36	S/. 4,589.36	S/. 14,421.57	S/. 5,724.14	S/. 1,897.99	S/. 434.61	S/. 13,977.53	S/. 4,293.25
Flujo caja acumulado	-S/. 1,880.19	S/. 473.45	-S/. 1,598.07	-S/. 1,334.79	S/. 4,664.57	S/. 9,253.93	S/. 23,675.50	S/. 29,399.64	S/. 31,297.63	S/. 31,732.24	S/. 45,709.77	S/. 50,003.02
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

VAN	S/. 43,086.41
TIR	85%
PERIODO DE RECUPERACION	3.22

Fuente: Elaboración Propia

Para este proyecto se tiene una TIR de 85%, y se tiene un VAN positivo que tiene un valor de s/. 43 086 soles. Para este cálculo, se tomó en cuenta una tasa anual de 15%, que es una tasa estándar que maneja la empresa convertida a una tasa mensual de 1.25%. Finalmente se obtiene que el periodo de recuperación es de 3.22 meses, un periodo relativamente corto pero que queda justificado por el ahorro superlativo que se genera por la reducción de las paradas no programadas.

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La metodología Mantenimiento Autónomo complementada con la metodología RCM permite realizar una gestión completa del mantenimiento. La primera incluye al personal de producción como el primer acercamiento para mantener las condiciones ideales de los equipos (limpieza, lubricación y ajuste), la segunda metodología complementa esas condiciones ideales mediante la identificación de posibles puntos de avería a través de la identificación de los modos de falla.

El análisis de las causas raíces ocasionan una disponibilidad promedio de 96.85% durante el año en estudio. Además, el 67% del total de paradas no programadas fueron provocadas por fallas mecánicas en los buses. Por otro lado, el impacto económico queda representado en su mayoría como el costo de oportunidad 886 306 soles.

La evaluación económica del proyecto permitió determinar un TIR de 85% y el VAN obtenido de s/.43 086 representa la diferencia entre los beneficios de los flujos futuros actualizados y de la inversión realizada, siendo este positivo.

La empresa cuenta con una política de mantenimiento (mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo), sin embargo no la hace cumplir debido a la desorganización de todo el programa de mantenimiento que incluye los materiales, herramientas, repuestos y tiempos

establecidos para cada actividad. Por tal motivo, se concluye que al aplicar la metodología 5's se creará un ambiente de trabajo y permitirá localizar los materiales cuando se los requieran

Se concluye que al no aplicarle la limpieza diaria a las máquinas, se incrementa el tiempo de la ejecución de mantenimiento preventivo y retrasa la programación de las órdenes de producción. Asimismo, la limpieza de las máquinas permite que los operarios se sientan más cómodos y aumente la productividad por parte de ellos

Para lograr con efectividad la implementación de las 5'S, es sumamente importante que la primera "S" (Seiri), para ello es importante que todo el personal se sienta comprometido a cumplirlo, asistiendo a las capacitaciones y tareas asignadas. En conclusión, se prepararán manuales instructivos para que el personal debe sentirse motivado para que los indicadores de cada "S" se cumpla y se logre estandarizar con éxito

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que la alta dirección se comprometa de manera integral con la implementación de las propuestas de mejora, debido que la decisión final es de ellos. Por lo tanto, ellos deben brindar la confianza de que se cumplirá todo el programa

Es recomendable que el personal se encuentre motivado y concientizado sobre la limpieza y orden antes de la implementación de las 5'S con la finalidad de no tener inconvenientes al momento de implementar cualquier tipo de metodología.

Es recomendable que los anaqueles se encuentren en óptimas condiciones, debido que si no se cuida o mantiene limpio no brindará el suficiente apoyo de conservar las herramientas o

materiales y se convertiría en un estorbo para los operarios. Por ello, el personal debe realizarle una limpieza y revisión de las herramientas

La implementación del sistema de medición en tiempo real del OEE permitirá saber a los operadores y personal involucrado como está caminando la producción y que acciones se debe tomar en el momento para mejorarlo.

Bibliografía

- Garcia, Alejandro (2013) Mantenimiento Autónomo Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.
(http://www.itsteziutlan.edu.mx/pdfs/revistatec/2013/02/mantenimiento_autonomo.pdf)
- Gómez Santos, C. M. (2011). Mantenimiento Productivo Total - Una visión Global. Las Palmas de gran Canaria, España.
- KUNIO, Shirose. 2000. TPM para mandos intermedios de fábrica. Ed. TGP- Hoshin. 4ª. Edición Madrid
- La ciudad de Lima en Cifras, 2018. Comision de Plan de gobierno.
(https://www.contigociudadano.pe/pdf/Lima_en_Cifras_Contigo_Ciudadano.pdf)(Consultado: 15 de agosto del 2018)
- Lefcovich, Mauricio. (2009). TPM mantenimiento productivo total: Un paso más hacia la excelencia empresarial. El Cid Editor.
- López Arias, E. A. (2009). El Mantenimiento Productivo Total TPM Y La Importancia Del Recurso Humano Para Su Exitosa Implementación. Bogotá.
- MASAJI Tajari, Fumio Gotoh. 1992. TPM implementation. Ed. Mac Graw Hill. 1ª. Edición. U.S.A.
- Montilla, C., Arroya, J. y Silca, Carlos (2007) Caso de aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad rcm, previa existencia de mantenimiento preventivo. Scientia et Technica Año XIII, No 37, Diciembre de 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

- Mora Gutierrez, L. A. (2009). Mantenimiento: planeación, ejecución y control. Alfaomega Grupo Editor.
- Moubray, John 1991. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Publicado por Aladon Ltd. ISBN 09539603-2-3
- NAKAJIMA, Seiichi. 1993. Introducción al TPM. Ed. TGP. 3ª Edición. Madrid.
- Protransporte, 2012. Concesión del Servicio de Transporte de Pasajeros en los Corredores Complementarios del Sistema Integrado de Transporte De Lima. Municipalidad Metropolitana de Lima.
- Protransporte, 2014. Manual de Operaciones Corredores Complementarios. Municipalidad Metropolitana de Lima. (<http://www.protransporte.gob.pe/attachments/article/646/ManualOperaciones-CC-SIT-v1.pdf>)(Consultado: 15 de Agosto 2018)
- Vatn, M. R. and J. (2008). Reliability-Centered Maintenance. In P. H. Pham & D. of I. Engineering (Eds.), Complex System Maintenance Handbook (pp. 79–108). The State University of New Jersey.

Anexos

Anexo N°1: Paraderos de las rutas 301-302-303 y 306

Ruta 301-302

Fuente: Pro transporté, 2014

Ruta 303-306

Fuente: Pro transporté, 2014

Anexo N°02:

[Anexo 2.xlsm](#)

Anexo N°03:

[Anexo 3.xlsm](#)

Anexo N°04:

[Anexo 4.xlsm](#)

Anexo N°05:

[Anexo 5.xlsm](#)

Anexo N°6:

[Anexo 6.xlsm](#)

Anexo N°7:

[Anexo 7.xlsm](#)

Anexo N°8:

[Anexo 8.xlsx](#)

Anexo N°9: Indicadores de metodología 5 “s”

Tiempo empleado en búsqueda de herramientas - equipos a utilizar

<div>Consorcio</div> <div>Transporte Arequipa S.A.</div>	DEFINICIÓN DE INDICADOR		VERSIÓN	01
	TIEMPO EMPLEADO EN BUSQUEDA DE HERRAMIENTAS - EQUIPOS A UTILIZAR		PAGINA	1 DE 1
			CÓDIGO	INHD - 01
1. OBJETIVO DEL INDICADOR				
Lograr que el tiempo empleado en la búsqueda de herramientas o equipos de trabajo sea máximo 3 minutos				
2. FORMULA / CALCULO				
Conteo del tiempo para encontrar la herramienta o equipo de trabajo - TEM				
3. CARACTERÍSTICAS DEL INDICADOR				
Semáforo <div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>TEM > 5 min</div><div>3 min < TEM <=5 min</div><div>0 < TEM <= 3 min</div></div></div>				
4. RESPONSABLE DE GESTIÓN				
Jefe de mantenimiento				
5. PUNTO DE LECTURA E INSTRUMENTO				
Punto de lectura: Taller de mantenimiento - reparación de bus				
Instrumento: Cronometro y hoja de registro				
6. MEDICIÓN Y SOPORTE				
Medición: Diaria				
Reporte: Semanal				
7. USUARIOS				
Jefe de mantenimiento - Gerente de operaciones y Gerencia				
8. RED CAUSA - EFECTO				
<div><div><div>Porcentaje de elementos fuera de su ubicación asignada menor a 3 %.</div><div>Tiempo empleado para encontrar herramienta menor a 3 min.</div><div><div>Productividad total</div><div>Esfuerzo por distancia recorrida</div></div></div><div><div></div><div></div><div><div></div><div></div></div></div></div>				

Fuente: Elaboración propia

Exactitud de ubicación de herramientas o equipos

<div>Consortio</div> <div>Transporte Arequipa S.A.</div>	DEFINICIÓN DE INDICADOR		VERSIÓN	01
	EXACTITUD DE UBICACIÓN DE HERRAMIENTAS O EQUIPOS		PAGINA	1 DE 1
			CÓDIGO	INHND - 02
1. OBJETIVO DEL INDICADOR				
Lograr que el porcentaje de exactitud de ubicación asignada sea menor del 3%				
2. FORMULA / CALCULO				
Exactitud de ubicación asignada: $Exa = (\text{Elementos fuera de su lugar}) / (\text{Total de elementos}) \times 100 \%$				
3. CARACTERÍSTICAS DEL INDICADOR				
Semáforo				
<div><div><div></div></div><div>Exa > 6 %</div></div> <div><div><div></div></div><div>3 % < Exa <= 6 %</div></div> <div><div><div></div></div><div>0 < Exa <= 3 %</div></div>				
4. RESPONSABLE DE GESTIÓN				
Jefe de mantenimiento				
5. PUNTO DE LECTURA E INSTRUMENTO				
Punto de lectura: Taller de mantenimiento - reparación de bus				
Instrumento: Tarjetas y hoja de registro				
6. MEDICIÓN Y SOPORTE				
Medición: Quincenal				
Reporte: Mensual				
7. USUARIOS				
Jefe de mantenimiento - Gerente de operaciones y Gerencia				
8. RED CAUSA - EFECTO				
<div><div>Porcentaje de elementos fuera de su ubicación asignada menor a 3 %.</div><div>Tiempo empleado para encontrar herramienta</div><div>Productividad total</div><div>Esfuerzo por distancia recorrida</div></div>				

Fuente: Elaboración propia

Número de accidentes de trabajo

<div>Consorcio</div> <div>Transporte Arequipa S.A.</div>	DEFINICIÓN DE INDICADOR		VERSIÓN	01
	NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRABAJO		PAGINA	1 DE 1
			CÓDIGO	INHDT - 03
1. OBJETIVO DEL INDICADOR				
Lograr que el número de accidentes de trabajo sea igual a cero				
2. FORMULA / CALCULO				
Conteo del número de accidentes de trabajo - ACT				
3. CARACTERÍSTICAS DEL INDICADOR				
Semáforo				
<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>ACT > 3</div><div>2 < ACT <= 3</div><div>0 < ACT <= 2</div></div></div>				
4. RESPONSABLE DE GESTIÓN				
Jefe de mantenimiento				
5. PUNTO DE LECTURA E INSTRUMENTO				
Punto de lectura: Taller de mantenimiento - reparación de bus				
Instrumento: Hoja de registro				
6. MEDICIÓN Y SOPORTE				
Medición: Quincenal				
Reporte: Mensual				
7. USUARIOS				
Jefe de mantenimiento - Gerente de operaciones y Gerencia				
8. RED CAUSA - EFECTO				
<div><div><div>Número de accidentes de trabajo en el área de mantenimiento</div><div></div><div>Productividad total</div></div></div>				

Fuente: Elaboración propia