



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Propuesta de un plan para la mejora de disponibilidad de flota
en una empresa de carga utilizando la metodología TPM**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial

AUTOR

Meza Chumpitaz, Julio Jhonatan (0000-0001-8208-6300)

ASESOR

Carvallo Munar, Edgardo Gabriel (0000-0001-8067-1354)

Lima, 17 de enero de 2019

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional para el cumplimiento de mis objetivos profesionales.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los profesores de Ingeniería Industrial en la UPC por todo lo que aportaron a mi formación académica.

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de investigación se describe la implementación de la propuesta de la metodología Total Productive Maintenance (TPM) para una empresa de transporte de carga pesada la cual permita mejorar la disponibilidad y rendimiento de la flota, por ende poder incrementar los ingresos anuales. En primer lugar, se realizó una auditoría de mantenimiento con el fin de conocer todos los problemas existentes y el impacto económico que estas generan debido a las demoras en la reparación de la flota. Luego se realizó un análisis de las principales causas raíces, seguidamente, se llevó a cabo la evaluación de propuestas que solucionen el problema detallando los criterios de selección para la metodología propuesta. Posteriormente se realizó la validación del proyecto mediante la implementación de un plan piloto con el fin de analizar los datos obtenidos y así conocer la viabilidad financiera de este. Finalmente, como resultados se obtuvieron reducciones del 44.6% en la ocurrencia de fallas mecánicas lo cual originó que la disponibilidad aumente de 72.92% a 85%, por ende también aumente la utilidad que percibe la compañía en 172,068 soles anuales.

Palabras clave: viabilidad financiera; TPM; validación; metodología, transporte de carga.

PROPOSAL OF A PLAN FOR THE IMPROVEMENT OF THE AVAILABILITY OF THE FLEET IN A CARGO TRANSPORT COMPANY USING THE TPM METHODOLOGY

ABSTRACT

This paper describes the implementation of the Total Productive Maintenance (TPM) methodology proposal for a heavy cargo transport company, which allows improving the availability and performance of the fleet, thus increasing annual income. In the first place, a maintenance audit was carried out in order to know all the existing problems and the economic impact that these generate due to the delays in the repair of the fleet. Then an analysis of the main causes was carried out, followed by the evaluation of the solution that the problem posed the selection criteria for the proposed methodology. Subsequently, the project was validated through the implementation of a pilot plan in order to analyze the data obtained and thus know the financial viability of this. Finally, as a result, reductions of 44.6% in the occurrence of mechanical failures were obtained, which caused availability to increase from 72.92% to 85%, thus also in the utility that the company receives in 172,068 soles per year.

Keywords: financial viability, TPM, validated, methodology, heavy cargo transport.

TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo 1. INTRODUCCION.....	1
Capítulo 2. MARCO TEORICO	3
2.1. Mantenimiento Productivo Total	3
2.2. Implementación del TPM	4
2.3. Auditoría de Mantenimiento	4
Capítulo3. ANALISIS METODOLOGICO	5
3.1. Descripción de la empresa	5
3.2. Problema	5
3.3. Causas raíces	6
Capítulo 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA	10
4.1. Creación de un área encargada de la gestión de mantenimiento	10
4.1.1. Objetivos	10
4.1.2. Alcance	10
4.1.3. Organigrama del área de mantenimiento	11
4.2. Implementación de TPM	11
4.2.1. Anuncio de la alta dirección	12
4.2.2. Lanzamiento de campaña educativa	12
4.2.3. Creación de organizaciones para promover el TPM	12
4.2.4. Formular plan maestro del TPM.....	13
4.2.4.1. Mantenimiento Autónomo.....	13
4.2.4.2. Mantenimiento Preventivo	14
4.3. Inversión Total de las Propuestas	15
Capítulo 5. RESULTADOS	16
5.1. Plan Piloto	16
5.2. Evaluación económica.....	17
Capítulo 6. CONCLUSIONES.....	19
Capítulo 7. REFERENCIAS	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Causas de la baja disponibilidad	6
Tabla 02: Desperfectos mecánicos más comunes	7
Tabla 03: Resumen de las causas raíces	8
Tabla 04: Elección de la propuesta	9
Tabla 06: Costos anuales del TPM	15
Tabla 07: Reducción obtenida de fallas	16
Tabla 08: Costos diferenciales	17
Tabla 09: Flujo de caja	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: PBI sector transporte en Millones de soles	2
Figura 02: Ventas mensuales de la empresa	5
Figura 03: Disponibilidad de la flota	5
Figura 04: Ingresos al 85% vs Ingresos reales.....	6
Figura 05: Falla del motor.....	7
Figura 06: Falla del neumático	7
Figura 07: Falla en la sincronización del motor.....	8
Figura 08: Falla de bomba	8
Figura 09: Organigrama del área de mantenimiento	11
Figura 10: Acta de compromiso de la alta gerencia	12
Figura 11: Checklist de mantenimiento autónomo	13
Figura 12: Incremento de la disponibilidad	17
Figura 13: Sensibilización del proyecto.	18

Capítulo 1. INTRODUCCION

El sector de transporte de carga es de gran importancia en el desarrollo del país debido a que ésta transporta cerca del 95% de toda la carga nacional. Este sector ha sufrido cambios radicales durante las últimas décadas, en los 80, había una gran escasez de flota para el transporte de mercancías y la importación debido a las restricciones que existía en ese entonces. No obstante, ahora ese panorama se ha invertido y hay un exceso de oferta de flota, debido a la aparición de más empresas dedicadas al transporte, así como al crecimiento de las flotas en las empresas ya existentes; Todo ello debido al auge de la minería. Sin embargo, durante los dos últimos años el sector ha experimentado una contracción debido a la disminución de los precios de los commodities, lo cual provoca que ahora podamos observar una sobreoferta de vehículos y una demanda mucho menor de servicios de transporte. [1]

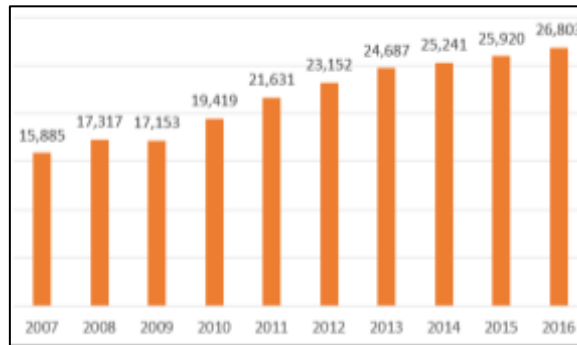
El transporte de carga pesada es una actividad que agrega valor generando ganancias mediante el traslado de las mercancías al lugar de almacenamiento. Este sector ha experimentado un progreso significativo en la calidad de los servicios prestados a superar los obstáculos internos y externos, sobre todo, debido a la demanda del cliente. [1]

La demanda de este servicio, está influenciada por diversos factores y no solo por la tarifa como comúnmente se piensa. Además, es importante considerar los gastos incurridos en el embarque y almacenamiento. El cliente analizará las facilidades que se le brinda y que se adecúen a sus requerimientos los cuales tienen que ser detallados en el contrato de venta de mercancías antes de realizarse el transporte. [1]

Los costos en el servicio de transporte de carga pesada son agrupados en costos fijos y variables. Los costos fijos son los menores para recorridos largos, entre los más representativos tenemos la depreciación, amortización, salarios, seguros, gastos administrativos y viáticos. Por otro lado, los costos variables deben ser calculados por kilómetro recorrido, estos costos tienden a ser altos para recorridos largos, entre los más representativos tenemos a la gasolina neumáticos, peajes y aceites.

A la hora de realizar las cotizaciones, se debe tener en cuenta aspectos importantes como el tipo de vehículo de carga, el tipo de seguro, el tiempo de tránsito, condiciones de pago, documentos exigibles, penalizaciones y el valor de la tarifa por unidad de carga con la finalidad de conocer el costo total del transporte.

Figura 01: PBI sector transporte en Millones de soles



Fuente: INEI

La empresa en estudio es el Consorcio Binacional Audiconta es una empresa constituida hace 5 años. En la actualidad, brinda servicios de Consultoría contable, auditoría contable, transporte y construcción.

El principal problema que se ha identificado es la baja disponibilidad que tiene la flota, lo cual ha generado que no se lleguen a aprovechar los activos de la empresa lo cual ha significado pérdidas económicas iguales a 67,395.32 soles anuales.

En el presente trabajo de investigación propone una mejora en la disponibilidad y rendimiento de la flota mediante el uso de la metodología TPM, por ende poder incrementar los ingresos anuales de la empresa. El artículo inicia con una introducción a la industria de transporte de carga pesada y a la empresa en estudio. Seguidamente, se describirá la metodología propuesta (TPM) en el marco teórico. Finalmente se desarrolla la propuesta de mejora indicando los resultados obtenidos y planteando las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

Capítulo 2. MARCO TEORICO

2.1. Mantenimiento Productivo Total

Creado en Japón en 1971, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una evolución de los métodos de mantenimiento que sirven para mejorar el rendimiento de la máquina por un enfoque proactivo. [2]

La aparición de TPM se da gracias a la feroz competencia, que ya se está viviendo en la industria automotriz debido a la globalización. El TPM se extiende en occidente en la década de 1980 con la publicación de libros y las conclusiones de los benchmarking de los fabricantes de automóviles japoneses por sus homólogos europeos. [2]

El TPM es una política empleada por la empresa cuyo interés es reforzado por el fin de la producción en masa. Por un lado, es más difícil obtener beneficios económicos de un equipo costoso el cual esté produciendo pequeños lotes, por otra parte, la desregulación, la creciente sofisticación de los equipos y la creciente integración de las funciones acentúa la necesidad de un compromiso, competente y autónomo. [3]

Llegar a producir más y mejor sin la inversión productiva adicional solo es posible si se ataca a los residuos y son reducidos. Esto está presente en todos los métodos japoneses y esto es reducido a la operación de las maquinarias, esto significa, buscar maximizar el tiempo productivo, reducir el tiempo improductivo debido a las paradas y averías, mantener un rendimiento óptimo y reducir la falta de calidad. Estas son las tres palancas utilizadas por el TPM: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. [3] [4]

Más allá de la sola conservación de las máquinas, el TPM busca modificar y mejorarlas. La participación de los operadores es una oportunidad para elevar su nivel de competencia y enriquecer su trabajo, dándoles el mantenimiento de primer nivel. Por otra parte, ellos conocen bien las maquinarias a no ser que los operadores sean temporales y/o con un nivel demasiado bajo. [4]

El indicador comúnmente utilizado, la tasa sintética de retorno, merece su clasificación debido a que restaura una severa y simple visión la cual abarca todos los parámetros que afectan el rendimiento de la máquina de acuerdo a la disponibilidad, rendimiento y calidad. [4]

2.2. Implementación del TPM

Los avances que aporta y su simplicidad hacen que el TPM sea un método popular. Sin embargo, la aplicación de ésta no es muy simple debido a que se evalúa varios aspectos.

El objetivo inicial permanece con el fin de maximizar el tiempo de producción, es necesario prestar mucha atención a la forma del método utilizado debido a demasiados documentos o pantalla pueden distorsionar el fondo. La documentación y el posteo significan para el personal una carga de trabajo adicional lo cual podría desmotivarlos. [4] [5] [6]

Es sumamente necesario modificar las actitudes del personal de producción. Los técnicos de mantenimiento llegan a convertirse en asesores. En el TPM, se deja que el personal tenga libertad para garantizar la continuidad de los procesos. Sin embargo, el gerente del área de mantenimiento tiene que evaluar los límites que tengan el personal dependiendo del tipo de problema que tenga la maquinaria. [3] [5] [7]

2.3. Auditoría de Mantenimiento

Una efectiva gestión del mantenimiento de cualquier maquinaria requiere de una retroalimentación. Una buena aplicación de las auditorías de mantenimiento proveerá una buena retroalimentación y posibilitará que la empresa pueda revisar su estado actual mediante la identificación de cualquier desviación en los procesos. Este tipo de auditorías son necesarias debido a las siguientes etapas:

- Proceso de revisión
- Corrección de problemas
- Prevención de problemas
- Mejoras dinámicas

En este tipo de auditoría se incluye evaluaciones para determinar la condición actual de las maquinarias en ejecución. En ésta, se realiza revisiones por personal certificado para determinar la condición eléctrica, mecánica y de seguridad del equipo existente. Luego de esto, se llega a producir informes de deficiencia con el fin de realizar auditorías de seguimiento, verificar las reparaciones de las deficiencias y así poder evaluar la efectividad del programa de mantenimiento con el fin de continuar el aseguramiento de la calidad. [8]

Las auditorías de mantenimiento son realizados debido a que:

- Permiten la evaluación de la posición actual
- Permiten la comparación con las mejores prácticas
- Ayuda a demostrar que el trabajo ha sido desarrollado según los estándares y que se ha logrado el desempeño deseado. [8] [9]

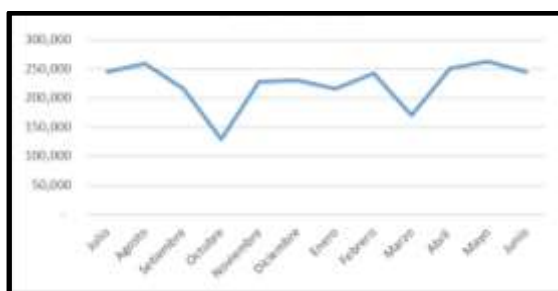
Capítulo 3. ANALISIS METODOLOGICO

3.1. Descripción de la empresa

El Consorcio Binacional Audiconta es una empresa constituida hace 5 años. En la actualidad, brinda servicios de Consultoría contable, auditoría contable, transporte y construcción.

Inicia sus operaciones en el año 2012 ofreciendo servicios de consultoría y auditoría contable, un año luego, inicia sus operaciones en el área de transporte y construcción. Esta empresa realiza el traslado de distinto tipo de mercadería, tales como transporte de tuberías, módulos, tanques, postes, alcantarillas, fierros, material de concreto, etc.

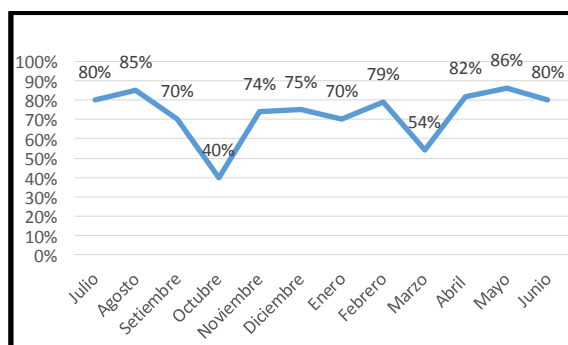
Figura 02: Ventas mensuales de la empresa



3.2. Problema

La disponibilidad de la flota será el objeto de estudio en este trabajo de investigación debido a que en el último año esta fue de 72.92% a causa, principalmente, de la ocurrencia de fallas mecánicas. En el último año, la empresa ha venido perdiendo un promedio de 172,069 soles debido a la baja disponibilidad promedio de los equipos el cual fue de 72.92% siendo la meta de la compañía llegar al 85% de lo planeado anualmente.

Figura 03: Disponibilidad de la flota

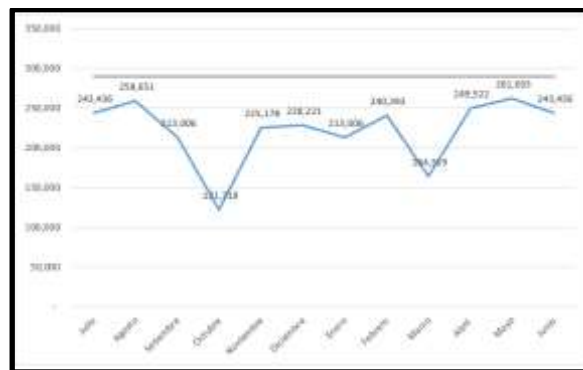


3.3. Causas raíces

La empresa carece de un plan de mantenimiento el cual sea capaz de ofrecer la confiabilidad y la continuidad de las operaciones. Esto sucede ya que muchas empresas solo toman en cuenta los costos que se invierten en el mantenimiento. No obstante, no toman en cuenta los costos y perjuicios que genera un mal mantenimiento.

Para determinar las causas raíces que originan este problema se realizaron auditorías de mantenimiento con la intención de conocer por qué la flota está teniendo una baja disponibilidad. Mediante los diagramas de Ishikawa y Pareto se logró identificar las causas primarios. Asimismo, se ponderó el porcentaje de horas perdidos por el costo por hora de cada causa con el propósito de cuantificar el impacto de estas.

Figura 04: Ingresos al 85% vs Ingresos reales



En la Figura 04 se puede apreciar las grandes cantidades que dejaron de ingresar en los meses de octubre y marzo debido a que la flota no estaba completa, asimismo, se tuvo que destinar grandes cantidades de dinero en la reparación de las fallas.

En la tabla 01 se muestra la identificación de las causas del problema y su ponderación según el impacto que genera cada una.

Tabla 01: Causas de la baja disponibilidad

Causas de la baja disponibilidad de camiones	%h	s./h	Impacto	Porcentaje
Desperfectos mecánicos	77%	190.97	147.05	78.3%
Intervención policial	9%	177.33	15.96	8.5%
Terreno complejo	6%	177.33	10.64	5.7%
Trafico	5%	177.33	8.87	4.7%
Accidente en ruta	2%	177.33	3.55	1.9%
Otros	1%	177.33	1.77	0.9%
Total	100%	187.83	187.83	100.0%

Luego de haber encontrado la causa primaria principal, se detallaron los desperfectos mecánicos más comunes con la intención de realizar el análisis de causas raíces.

Tabla 02: Desperfectos mecánicos más comunes

Desperfectos Mecánicos más comunes	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado
Motor	43	24.29%	24.3%
Neumático	31	17.51%	41.8%
Sincronización del motor	23	12.99%	54.8%
Bomba de inyección	20	11.30%	66.1%
Sistema eléctrico	20	11.30%	77.4%
Sistema de refrigeración	17	9.60%	87.0%
Sistema de escape	12	6.78%	93.8%
Otros	11	6.21%	100.0%
Total	177	100.00%	

Se puede apreciar que los principales defectos mecánicos se deben principalmente a las fallas en el motor, neumáticos, sincronización del motor y bomba de inyección lo cual representa el 66.1% de los defectos mecánicos totales, por lo tanto, estas causas serán las analizadas para conocer sus causas raíces en las Figuras 05, 06, 07 y 08.

Figura 05: Falla del motor

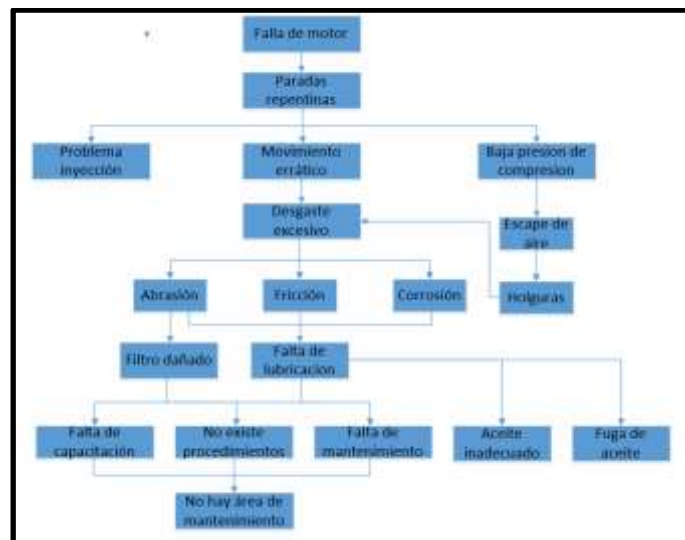


Figura 06: Falla del neumático

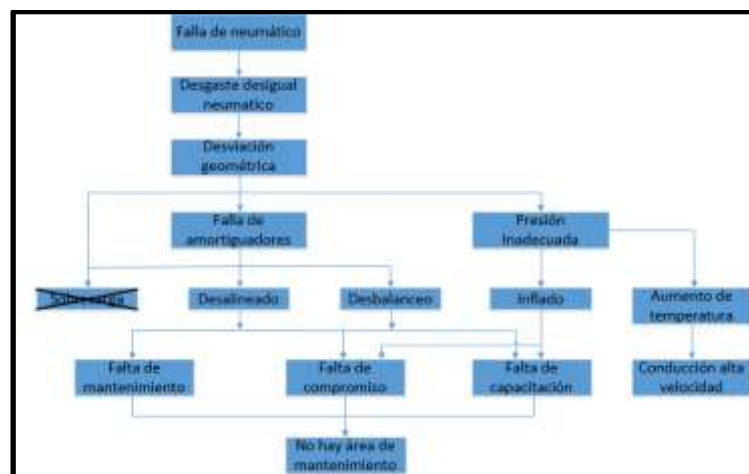


Figura 07: Falla en la sincronización del motor

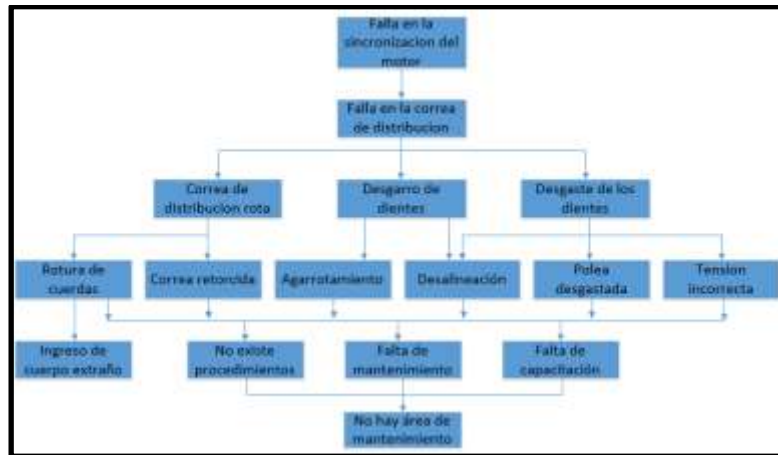
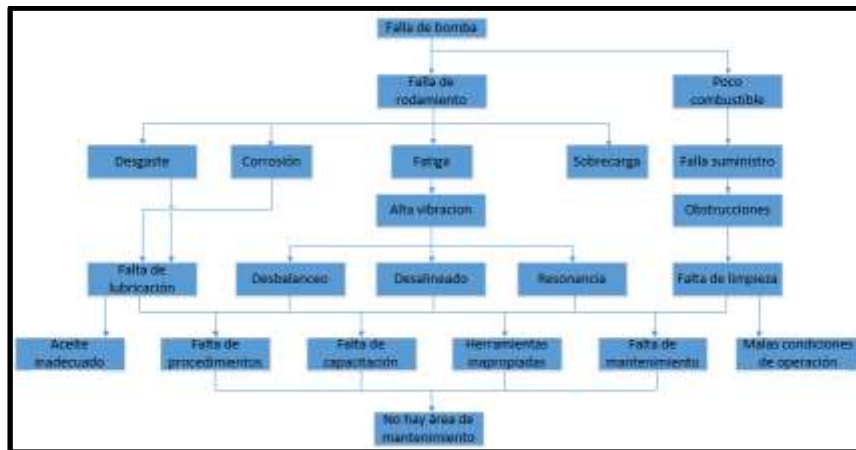


Figura 08: Falla de bomba



Posteriormente, en la tabla 03 se realizó un listado de las causas raíces más comunes e importantes.

Tabla 03: Resumen de las causas raíces

Causas de los problemas	Falla de motor	Falla en los neumáticos	Falla sinc. del motor	Falla de bomba	TOTAL
No existe procedimientos establecidos	x		x	x	3
Falta de compromiso		x			1
Falta de capacitación de personal	x	x	x	x	4
Falta de mantenimiento	x	x	x	x	4
Herramientas inapropiadas				x	1
Aceite inadecuado	x			x	2
Ingreso cuerpos extraño			x		1
Malas condiciones de operación				x	1
Conducción a alta velocidad		x			1
Fuga de aceite	x				1

Asimismo, se detectó que los camiones estuvieron siendo utilizados bajo malas condiciones de operación los cuales incluye sobrecarga del peso de carguío, piezas dañadas, caminos con excesivo polvo, etc. Por otro lado, no se adquieren nuevas herramientas a pesar de que muchas de las que son usadas ahora están oxidadas, no están calibradas o no están diseñadas para el propósito empleado; tampoco se realizan

capacitaciones al personal de mantenimiento ni al personal de la empresa para que sean capaces de detectar por sí mismos las posibles fallas de la flota, de igual forma, no existen procedimientos establecidos que sirvan para la identificación de fallas y la posterior reparación de estas.

Finalmente, en la tabla 04 se determinó que la metodología TPM es el más efectivo para solucionar las problema.

Tabla 04: Elección de la propuesta

Criterio	Peso	Mantenimiento		RCM		TPM	
		Anual					
Factibilidad técnica	0.3	6.0	1.8	4.0	1.2	4.0	1.2
Factibilidad económica	0.1	7.0	0.7	3.0	0.3	2.0	0.2
Efectividad	0.6	3.0	1.8	6.0	3.6	8.0	4.8
Total	1.0		4.3		5.1		6.2

Capítulo 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

4.1. Creación de un área encargada de la gestión de mantenimiento

Conociendo la necesidad de la gestión del mantenimiento para la correcta operación, se decide crear un área la cual se encargue de los procesos relacionados las actividades de mantenimiento. Para esto, se decide utilizar el modelo de las 7's de McKinsey los cuales necesitan estar alineados para obtener dentro del área de mantenimiento.

4.1.1. Objetivos

- Realizar las peticiones para la compra de repuestos
- Establecer las políticas de mantenimiento
- Supervisión de los trabajos de mantenimiento
- Elaboración y ejecución del programa anual de mantenimiento
- Realización de las auditorías de mantenimiento
- Capacitación constante del personal técnico y obrero
- Llenado y consulta de la base de datos.
- Prevenir detenciones inútiles o paro de los camiones de la flota
- Balancear los costos de mantenimiento con el beneficio de la actividad
- Conservar los camiones en condiciones seguras de operación
- asegurar las condiciones óptimas necesarias para un buen funcionamiento de la flota

4.1.2. Alcance

Las actividades de mantenimiento que desarrollará el área:

Tareas sencillas, las cuales son definidas por el fabricante del camión. Estas no suelen tener la necesidad de desmontar los componentes, y en el caso de ser necesario, estas no poseen riesgo en su manipulación.

- Engrasado de componentes
- Vaciado sistemático de las condensaciones, etc.

Operaciones sencillas en donde se realicen el cambio de componentes estándar

- Sustitución de filtros hidráulicos, tornillería, neumáticos, suspensión, partes del motor, focos, etc.
- Juntas dinámicas de componentes neumáticos
- Intervenciones de mantenimiento correctivo

Intervenciones de mantenimiento correctivo o preventivo donde se efectúe la reparación o sustitución de piezas en fallos previstos y no previstos. Además también pueden ser:

- Sustitución de bobinados del motor, tornillería
- Reparación de bomba hidráulica, cuadros eléctricos, servos, reductores, válvulas, etc.

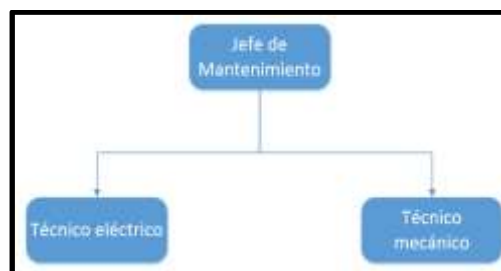
Toda tarea de mantenimiento que necesite de trabajos especializados o de herramientas especializadas será tercerizada.

4.1.3. Organigrama del área de mantenimiento

La cantidad de personal requerida de acuerdo a los trabajos de mantenimiento a realizar es el siguiente

- 1 jefe de mantenimiento
- 1 técnico electricista
- 1 técnico mecánico.

Figura 09: Organigrama del área de mantenimiento



4.2. Implementación de TPM

En el presente trabajo de investigación se desarrollará 8 de los 12 pasos existentes para la implementación de los pilares del TPM

Los 8 pasos para la implementación del TPM

- Anuncio de la alta dirección
- Lanzamiento de campaña educativa
- Crear organizaciones para promover el TPM
- Establecer políticas y metas del TPM
- Formular plan maestro del TPM
- Retroalimentación del TPM
- Gestión del Mantenimiento Productivo Total
- Plan de mejora continua

4.2.1. Anuncio de la alta dirección

La alta dirección procederá a realizar el anuncio sobre la implementación del TPM, asimismo, se presentará la siguiente acta de compromiso.

En la Figura 10 se mostrará el acta mostrado por la alta gerencia.

Figura 10: Acta de compromiso de la alta gerencia

ACTA DE COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA		
CONFORMACION DEL GRUPO DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM		
ASISTENTES:		
CARGO	NOMBRE	FIRMA
Jefe de mantenimiento		
Técnico mecánico		
Técnico eléctrico		
Jefe de personal		
ACUERDOS:		
Se estableció la lista de los participante para cada una de las reuniones sobre		
Todas las reuniones establecidas se desarrollarán durante los días laborables. Los asistentes podrán ausentarse de su área de trabajo durante el horario de reunión		
Se establecerán 4 reuniones con una duración de 40 minutos cada uno con una ronda de preguntas al finalizar la exposición		
Luego de haberse realizado de forma exitosa las charlas sobre los beneficios del TPM, se procederá a iniciar la capacitación al personal involucrado		
Es necesario que todos participantes asistan a las reuniones, asimismo deben de tener entera predisposición		

4.2.2. Lanzamiento de campaña educacional

Se planifica con la jefatura del área de mantenimiento la realización de 4 sesiones con todo el personal de la empresa con el fin de informarlos sobre el TPM, sus ventajas y todo lo necesario para su implementación, así como la importancia del cambio de mentalidad, actitud y compromiso para el éxito de esta implementación. Asimismo, se realizará las capacitaciones al personal de mantenimiento y a los conductores con el fin de que ellos sean capaces de realizar un buen mantenimiento tanto preventivo y autónomo según sea el caso.

4.2.3. Creación de organizaciones para promover el TPM

Se formarán distintos grupos que promoverán y ayudarán en la implementación del TPM.

4.2.4. Formular plan maestro del TPM

4.2.4.1. Mantenimiento Autónomo

Lo que se propone es la implementación de la actividad de mantenimiento autónomo, en la cual los conductores sean capaces de realizar las tareas de mantenimiento en las cuales solo se necesite sencillas intervenciones con el propósito de que ellos puedan encontrar y localizar los desperfectos que puedan causar fallas mecánicas severas las cuales produzcan la indisponibilidad de los camiones de la flota.

Para la realización del mantenimiento autónomo, se utilizará el siguiente Check list los cuales serán llenados por los conductores y estos detallan las actividades a realizar, así como, el estado de cada parte del camión.

Figura 11: Checklist de mantenimiento autónomo

CHECK LIST MANTENIMIENTO AUTONOMO		Nº
Descripción	Revisión	Estado
Nivel de aceite de dirección		
Respiraderos		
Mangueras y tubos de entrada de aire del tubo		
Presión de aceite		
Compresor		
Temperatura del motor		
Rótulo de barras		
Pulmones de freno		
Bridas		
Pedal de embrague		
Baterías, cables		
Fluido del limpiaparabrisas		
Chasis		
Frenos de aire		
Amortiguadores		
Faros, retrovisores, ventanas		
Separador de agua		
Refrigerante		

Observaciones _____

Conductor _____ Firma _____

Supervisado _____ Fecha _____

Para la aplicación del mantenimiento autónomo se realizarán las siguientes actividades:

- Se limpiará el área con el fin de eliminar el polvo en el equipo.
- Se adoptará medidas para la eliminación de las causas de suciedad, esquilas, etc. así como restringir la dispersión de estos.
- Se establecerá estándares con el fin de reducir el tiempo empleado en la limpieza, lubricación y ajuste.
- Se realizará inspecciones generales con el fin de descubrir nuevos defectos
- Se elaborarán y emplearán check-list para la inspección autónoma por parte de los choferes
- Registro de los resultados y diseño de contramedidas

4.2.4.2. Mantenimiento Preventivo

Por otro lado, se plantea un plan de mantenimiento preventivo en el cual se detalle las actividades de mantenimiento a realizar cada cierto tiempo. Cada una de estas actividades ha sido clasificada en categorías según el kilometraje registrado por cada camión de la flota. Estas categorías se han establecido para 10,000, 50,000, 70,000 y 100,000 kilómetros recorridos.

Tabla 05: Actividades de mantenimiento según los kilómetros recorridos

km	ACTIVIDADES	km	ACTIVIDADES
10,000	Engrase	50,000	Limpieza de radiador
	Cambio del filtro de aire		Cambio del líquido de refrigerante
	Cambio del filtro de combustible		Cambio de aceite de caja de cambios
	Cambio de aceite del motor		Cambio de aceite reductor
	Cambio del filtro de separador de agua		Cambio de aceite hidráulico
70,000	Revisión de amortiguadores	100,000	Cambio de aceite de corona
	Revisión del tanque de combustible		Cambio de filtro hidráulico
			Cambio de las fajas
			Cambio de las baterías
			Cambio de los focos

El plan de mantenimiento preventivo debe de ser compartido a cada uno de los conductores para que ellos conozcan los criterios de evaluación y así puedan comunicar al jefe de mantenimiento con la intención que él pueda establecer una fecha para la realización del mantenimiento.

Para la aplicación del mantenimiento preventivo se realizarán las siguientes actividades:

- Controlar el uso del aceite del motor ya que es un buen indicador de problemas en el motor. Además, se puede detectar un aumento de la carga de ceniza.
- Controlar el uso del refrigerante ya que un uso excesivo de este indica una grave problema el cual puede generar obstrucciones.
- Revisar la pureza del combustible ya que un combustible sucio podría provocar graves problemas en el motor
- Revisar la ocurrencia de humo debido a que este indica problemas con el DPF
- Revisar el filtro de aire ya que un filtro sucio genera un mayor consumo de combustible
- Revisar las luces de advertencia las cuales pueden indicar problemas en el motor y otras partes del camión
- Revisar el turbocompresor ya que si se encuentra dañado puede ocasionar graves fallas en el motor
- Revisar el DPF debido a que si este está obstruido con cenizas puede generar grandes fallas en el motor.

Para una buena gestión del plan de mantenimiento se hará uso de los siguientes indicadores

- Índice de disponibilidad total

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ Totales - Horas\ parada\ por\ mantenimiento}{Horas\ totales} \times 100$$

- Disponibilidad por averías

$$\text{Disponibilidad por averías} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}} \times 100$$

- Coste de Hora promedio

$$\text{Coste de hora medio} = \frac{\text{Nº de horas de mantenimiento}}{\text{Costo total de la mano de obra de mantenimiento}}$$

- Horas dedicadas a mantenimiento preventivo

$$\text{IMP} = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento preventivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}} \times 100$$

- Horas dedicadas a mantenimiento correctivo

$$\text{IMC} = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}} \times 100$$

4.3. Inversión Total de las Propuestas

A continuación, en la Tabla 06 se detalla los costos que se incurrirán anualmente debido a la implementación del TPM.

Tabla 06: Costos anuales del TPM

Concepto	Costo (\$/.)	Veces/año	Costo Total (\$/.)
Sueldo	10,030.00	14	140,420.00
Aceite	25,386.00	1	25,386.00
Materiales	2,866.70	12	34,400.40
Cap. Conductor	4,320.00	3	12,960.00
Cap. Mecánico	2,160.00	3	6,480.00
Cap. Personal	720.00	3	2,160.00
Otros gastos	1,500.00	6	9,000.00
COSTO ANUAL (\$/.)			230,806.40

Capítulo 5. RESULTADOS

5.1. Plan Piloto

Para la introducción y adaptación del TPM es preciso establecer un plan piloto con el objetivo de poder verificar los progresos obtenidos y luego establecer los parámetros en el proyecto. Este piloto se implementará en un camión de la flota y servirá para ajustar los detalles y evaluar los resultados iniciales.

Este proyecto piloto se va a implementar de forma temporal probando los procesos y herramientas con el fin de probar la viabilidad de la propuesta presentada en el presente trabajo de investigación. Para el éxito de este piloto se debe de tener un buen control ya que ayudará a visualizar los defectos de esta, realizar cambios en el proyecto y así producir mejores resultados.

Luego de un mes haber aplicado la prueba piloto se calcularon los índices obtenidos en ese mes y fueron comparados con los índices de años anteriores con el fin de verificar los efectos pretendidos alcanzar con la implementación del TPM, y así, comprobar la hipótesis planteada la cual tiene como fin el aumento de la disponibilidad de los camiones de la flota.

Para aceptar esta hipótesis se debe de verificar la efectividad de la implementación del TPM comparándolo con los resultados obtenidos en la prueba piloto.

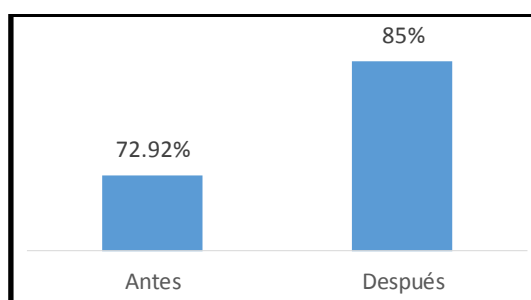
Se realizó la evaluación del éxito mediante la disminución de los desperfectos mecánicos tales como fallas en la bomba de inyección, motor, sincronización del motor y neumáticos. Se observó una reducción del 44.6% de la ocurrencia de fallas. A continuación se presentan los resultados de esta reducción de estas ocurrencias de desperfectos mecánicos.

Tabla 07: Reducción obtenida de fallas

FALLAS		REDUCCION
ACTUAL	OBTENIDO	OBTENIDA
177	98	44.63%

Esta reducción de la ocurrencia de fallas mecánicas produjo un incremento de la disponibilidad de 72.92% a 88%. Por lo tanto, se comprueba que la hipótesis anteriormente planteada, es correcta.

Figura 12: Incremento de la disponibilidad



5.2. Evaluación económica

En la implementación del TPM se detallaron todos los costos necesarios que se tenían que realizar para las tareas de mantenimiento así como la frecuencia de estos. Este costo de inversión adicional asciende a 60,953.69 soles anuales mientras que los ingresos adicionales son de 128.349.01 soles obteniéndose un superávit anual de 67,395.32 soles la cual va a ser evaluada durante un periodo de 5 años. Asimismo, la inversión en herramientas en 7,353 soles solo se va a realizar una sola vez y esta se dará al inicio del proyecto.

En la Tabla 08 se detallará la inversión adicional que se tienen que realizar así como la utilidad adicional que se obtendrá luego de la implementación

Tabla 08: Costos diferenciales

Concepto	Actual		Propuesta		Diferencial
Venta	2,529,450.00	100.00%	2,948,616.00	100.00%	419,166.00
Costo combustible	944,255.00	37.33%	1,100,731.54	37.33%	156,476.54
Mantenimiento	169,852.71	6.72%	230,806.40	7.83%	60,953.69
Mant. Tercerizado	-	0.00%	61,574.00	2.09%	61,574.00
Viáticos	88,530.75	3.50%	103,201.56	3.50%	14,670.81
Peaje	53,118.45	2.10%	61,920.94	2.10%	8,802.49
Costo de ventas	1,255,756.91	49.65%	1,558,234.44	52.85%	302,477.53
Utilidad Bruta	1,273,693.09	50.35%	1,390,381.56	47.15%	116,688.47
Gastos Generales	297,463.32	11.76%	235,889.28	8.00%	(61,574.04)
Sueldo chofer	268,800.00	10.63%	268,800.00	9.12%	-
G. Administrativos	649,689.09	25.68%	649,689.09	22.03%	-
Total gastos	1,215,952.41	48.07%	1,154,378.37	39.15%	(61,574.04)
Utilidad Operativo	57,740.68	2.28%	236,003.19	8.00%	178,262.51
Impuesto	16,167.39	0.64%	66,080.89	2.24%	49,913.50
Neto	41,573.29	1.64%	169,922.30	5.76%	128,349.01

Luego de analizar el flujo de caja se obtuvo un valor presente neto 248,128.28 soles mediante el método del descuento de flujos futuros tomando una tasa de descuento de 10%. Asimismo se obtuvo un tiempo de recuperación de la inversión de 6.3 meses.

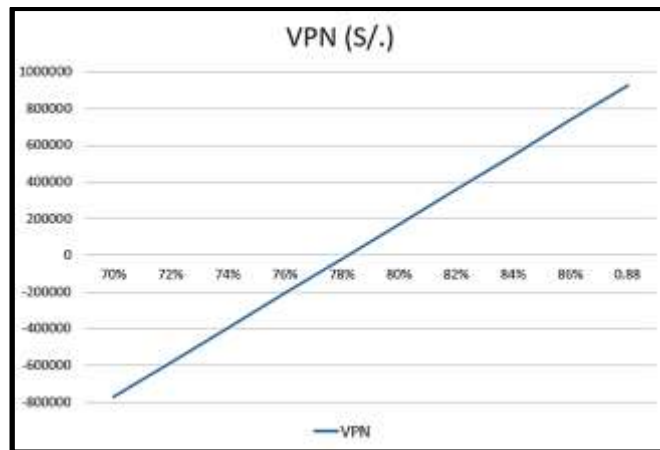
En la Tabla 09 se detalla el superávit anual generado por la implementación

Tabla 09: Flujo de caja

CONCEPTO	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Ingreso adicional		128,349.01	128,349.01	128,349.01	128,349.01	128,349.01
Inv. Adicional		(60,953.69)	(60,953.69)	(60,953.69)	(60,953.69)	(60,953.69)
Herramientas	(7,353.00)					
Superávit	(7,353.00)	67,395.32	67,395.32	67,395.32	67,395.32	67,395.32

Por otro lado, en la Figura 13 se realizó la sensibilización del proyecto para conocer hasta qué punto este sería económicamente viable. Se determinó que el proyecto es viable a partir de 78.17% de disponibilidad de los camiones de la flota.

Figura 13: Sensibilización del proyecto.



Capítulo 6. CONCLUSIONES

- El problema del servicio que brinda Audiconta es la baja disponibilidad de la flota que se utiliza para el transporte de carga pesada lo cual no permite recorrer la cantidad de kilómetros esperados para mejorar los ingresos de dicha empresa.
- Para determinar la razón de la baja disponibilidad se analizó el área de mantenimiento mediante auditoría donde se tuvo como resultados que estas se deben principalmente a la ocurrencia de fallas mecánicas en la flota lo cual genera que solo se tenga 72.92% de la disponibilidad planeada.
- Para medir el desempeño del área de mantenimiento se revisaron indicadores tales como el porcentaje de los ingresos que son destinados al área de mantenimiento, en Audiconta solo se destina el 4.38% de los ingresos al área. Por otro lado, también se evaluó la disponibilidad de la flota la cual representa un 72.92% de lo planeado lo cual es un índice de deficiencia.
- Para mejorar la capacidad del personal se propuso capacitaciones tanto para los conductores y personal del área de mantenimiento mientras que para la ejecución de las tareas de mantenimiento se propuso desarrollar el mantenimiento autónomo a cargo de los conductores y mantenimiento preventivo para programar tareas que se efectúen con cierta periodicidad.
- Se estima que con la implementación del TPM, la empresa ganará 233,022.55 soles anuales mediante una inversión adicional de 60,953.38 soles anuales obteniéndose un ahorro anual de 172,068.86 soles.
- El valor presente neto del proyecto es 643,260.43 soles con una tasa de descuento de 10%. Asimismo, el proyecto es económicamente viable a partir de 78.19% de disponibilidad de la flota

Capítulo 7. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Comercio exterior y Turismo (2015) Guía de orientación al usuario del transporte terrestre, Vol III..
- [2] Nallusamy S., Majumdar Gautam (2017) Enhancement of Overall Equipment Effectiveness using Total Productive Maintenance in a Manufacturing Industry, Vol. 13 Issue 2, p173-188
(<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=46&sid=b66e01b9-5b74-45c7-b005-b54326e6bcbe%40sessionmgr102>)
- [3] Palacio P., Alvaro. (2013). "Total Productive Maintenance: Implementando el TPM"
- [4] JIPM (2013) Die TPM-Fibel – Das ganzheitliche Produktionssystem für die Prozessindustrie.
- [5] Hooi Lai Wan, Leong Tat Yuen (2017) Total productive maintenance and manufacturing performance improvement.
- [6] Marinescu Alexandru-Daniel, Popescu Teodor Costinel, Popescu Alina-Iolanda, Safta Carmen-Anca (2016) Approaches of the Best Maintenance Strategies Applied to Hydraulic Drive Systems, Issue 4, p63-68
(<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=51&sid=b66e01b9-5b74-45c7-b005-b54326e6bcbe%40sessionmgr102>)
- [7] Cárcel Carrasco, Francisco Javier (2016) Characteristics of the systems TPM and RCM in the maintenance engineering, Vol. 5 Issue 3, p68-75
(<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=54&sid=b66e01b9-5b74-45c7-b005-b54326e6bcbe%40sessionmgr102>)
- [8] Ralph Bell, Jo Harris (2012) Asset Management and Maintenance Audit
- [9] Diego Galar Pascual, Uday Kumar (2016) Nuevo Manual de auditorías de mantenimiento
- ENEI (2017) Producto Bruto Interno por grandes actividades económicas, Lima
- Peter Kraljic (1983). Purchasing Must Become Supply Management. Harvard Business Review.*
- McKeinsey & Company (2008) Enduring Ideas, The 7-S Framework, Mc Graw-Hill