



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
Laureate International Universities

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

***“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y
LOGÍSTICA PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE
LA EMPRESA TRANSPORTES RODRIGO CARRANZA S.A.C”***

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

BACH. OLIVARES SÁNCHEZ FERNANDO
BACH. TAM LUJAN CESAR ALFONSO

ASESOR:

Ing. MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ ALZA

TRUJILLO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedicamos a cada uno de nuestros familiares que son y serán formadores de nuestra educación, valores y virtudes.

A nuestros compañeros de la universidad que aún no han podido finalizar su tesis, con paciencia, trabajo y dedicación, todo es posible.

A Don Anselmo Carranza Torres por habernos permitido ingresar a la vida laboral en su empresa, y desarrollar con facilidad nuestra tesis.

EPÍGRAFE

“La tierra proporciona lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre en la tierra, mas no la codicia de cada uno de nosotros.”

(Gandhi)

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a nuestros padres Juan Alfonso Tam Córdova, Mary Ana Luján Azabache, José Olivares Carrera y Livia Sánchez Tisnado por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de nuestras vidas, sin ustedes no hubiese sido posible alcanzar cada una de nuestras metas.

Agradecemos profundamente a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar toda clase de obstáculos y dificultades a lo largo de toda una carrera lleno de frustración, preocupación, tensión y felicidad, y así a lo largo de toda nuestra vida.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA PARA
INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA TRANSPORTES
RODRIGO CARRANZA S.A.C”**

El presente proyecto ha sido desarrollado desde el mes de septiembre del año 2016 hasta el mes Agosto de del año 2017, además espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otras Proyectos o Investigaciones.

Bach. Olivares Sánchez Fernando

Bach. Tam Lujan César Alfonso

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza

Jurado 1:

Ing. Marcos Baca López

Jurado 2:

Ing. Ramiro Mas McGowen

Jurado 3:

Ing. Rafael Castillo Cabrera

RESUMEN

La presente tesis se ha elaborado con la finalidad de aumentar la rentabilidad de la empresa Transportes Rodrigo Carranza S.A.C. Para ello se ha planteado mejorar la situación actual de las áreas de mantenimiento y logística a través de un sistema de mantenimiento y logística.

Se realizó el diagnóstico de la situación actual de los procesos de mantenimiento y logística de la empresa T.R.C. S.A.C., encontrando que los principales problemas que afectan a la rentabilidad actual son las fallas correctivas debido a la falta de un mantenimiento predictivo a pesar de que aplican mantenimiento preventivo a las unidades de transporte, además en el área logística se generan tiempos muertos por la demora en la entrega de repuestos debido a la mala gestión de esta área. El número de fallas por mantenimiento correctivo inicial fue de 13924 y el tiempo por demoras en la entrega de repuestos fue de 18969 horas, esto ocasionó que se redujera la disponibilidad de las unidades de transporte generándose pérdidas por los viajes que dejó de realizar.

Luego, se elaboró el sistema de Mantenimiento y Logística para incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C S.A.C., el cual está basado en la aplicación de mantenimiento predictivo, proceso de selección de proveedores, selección de repuestos críticos, además se determinó la cantidad de estos en el almacén en función de la tasa de fallas. Este sistema propuesto logró reducir los tiempos perdidos por fallas correctivas y los tiempos por las demoras en la entrega de repuestos incrementando la disponibilidad operacional de las unidades de transporte de 82.8% a 84.6%, con ello se incrementó el número de viajes en 2421, generándose ingresos por S/.2,833,864

Para culminar, se realiza una evaluación económica - financiera obteniéndose un VAN de S/. 386,968, un TIR de 25.7% y un B/C de 1.14, lo cual indica que el proyecto es RENTABLE.

ABSTRACT

The present thesis has elaborated with the purpose to increase the profitability of the company Transport Rodrigo Carranza S.A.C. For this has posed improve the current situation of the areas of maintenance and logistical through a system of maintenance and logistical.

It made the diagnostic of the current situation of the processes of maintenance and logistical of the company T.R.C. S.A.C., finding that the main problems that affect to the current profitability are: the fail them correctives because of the fault of a predictive maintenance although they apply preventive maintenance to the units of transport, besides in the logistical area generate time died by the delays in the delivery of spares because of the bad management of this area. The number of fail by maintenance corrective initial was of 13924 and the time by delays in the delivery of spares was of 18969 hours, this generated that it reduced the availability of the units of transport obtaining lost by the trips that leave to make.

Afterwards, it elaborated the system of Maintenance and Logistical to increase the profitability of the company T.R.C S.A.C., which is based in the application of predictive maintenance, process of selection of providers, selection of critical spares, besides it determined the quantity of these in the warehouse in function of the tax of fail. This system proposed attained to reduce the times lost by fail reactive and the times by the delays in the delivery of spares increasing the operational availability of the units of transport of 82.8% to 84.6%, with this increased the number of trips in 2421, generating income by S/.2, 833,864

To culminate, made an economic evaluation - financial obtaining a VAN of S/. 386,968, a TIR of 25.7% and a B/C of 1.14, which indicates that the project is PROFITABLE.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
PRESENTACIÓN.....	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE TABLAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO 1.....	1
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Hipótesis.....	8
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5 Justificación.....	9
1.6 Tipo de Investigación.....	10
1.6.1 Por la orientación.....	10
1.6.2. Por el diseño.....	10
1.7 Diseño de la investigación.....	10
1.7.1 Localización de la investigación.....	10
1.7.2 Alcance.....	10
1.7.3 Duración del proyecto.....	10
1.8 Variables.....	10
1.9 Operacionalización de variables.....	11
CAPÍTULO 2.....	12
MARCO REFERENCIAL.....	12
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	13
2.2 Base Teórica.....	19

2.3 Definición de Términos	53
CAPÍTULO 3	55
DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL	55
3.1 Descripción general de la empresa	56
3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis.	64
3.3 Identificación del problema e indicadores actuales.....	65
CAPÍTULO 4	80
SOLUCIÓN PROPUESTA.....	80
4.1 Propuesta de mejora.....	81
CAPÍTULO 5	135
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	135
CAPÍTULO 6	139
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	139
6.1 Resultados.....	140
6.2 Discusión	141
CAPÍTULO 7	142
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
7.1 Conclusiones	143
7.2 Recomendaciones	144
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	147

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Duración del proyecto.....	10
Cuadro N° 02: Operacionalización de las variables	11
Cuadro N° 03: Las ventajas y desventajas de la logística	44
Cuadro N° 04: Objetivos de la gestión de almacenes.....	46
Cuadro N° 05: Beneficios de la gestión de almacenes	47
Cuadro N° 06: Datos de la empresa.....	57
Cuadro N° 07: Clientes T.R.C. S.A.C.....	59
Cuadro N° 08: Diagrama PEPSU de la empresa T.R.C. S.A.C.....	60
Cuadro N° 09: Competidores de T.R.C. S.A.C.....	61
Cuadro N° 10: Unidades de transporte de T.R.C. S.A.C.....	61
Cuadro N° 11: Matriz de priorización para el área de Mantenimiento	67
Cuadro N° 12: Matriz de priorización para el área de Logística	68
Cuadro N° 13: Indicadores actuales y metas	71
Cuadro N° 14: % de OT de mantenimiento predictivo inicial	72
Cuadro N° 15: Indicadores iniciales de todas las unidades de transporte.....	73
Cuadro N° 16: Resumen de los Indicadores iniciales de todos los equipos.....	73
Cuadro N° 17: Costo inicial del mantenimiento externo	74
Cuadro N° 18: N° de equipos predictivos iniciales	75
Cuadro N° 19: Horas de capacitación 2016	75
Cuadro N° 20: Horas de demora logística y CLC inicial	77
Cuadro N° 21: Horas de demora logística y CLC con la propuesta de mejora	77
Cuadro N° 22: Horas de capacitación 2016	79
Cuadro N° 23: Mapa del desarrollo del sistema propuesto.....	81
Cuadro N° 24: Listado de Unidades de carga pesada – 1	83
Cuadro N° 25: Listado de Unidades de carga pesada – 2.....	84

Cuadro N° 26: Indicadores de las unidades de carga pesada.....	85
Cuadro N° 27: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas – 1	86
Cuadro N° 28: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas – 2	87
Cuadro N° 29: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas – 3	88
Cuadro N° 30: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas – 4	89
Cuadro N° 31: Sistemas de las unidades de carga	90
Cuadro N° 32: Fallas de las unidades Freightliner por sistemas	91
Cuadro N° 33: Fallas de las unidades Volvo por sistemas	92
Cuadro N° 34: Tipos de fallas de las unidades Freightliner.....	93
Cuadro N° 35: Tipos de fallas de las unidades Volvo.....	94
Cuadro N° 36: Equipos predictivos en función de las fallas críticas – Freightliner	95
Cuadro N° 37: Equipos predictivos en función de las fallas críticas – Volvo	96
Cuadro N° 38: Equipos predictivos a adquirir para las inspecciones	97
Cuadro N° 39: Frecuencia de inspección predictiva- Freightliner	98
Cuadro N° 40: Frecuencia de inspección predictiva – Volvo	99
Cuadro N° 41: Cronograma de capacitación de Mantenimiento.....	100
Cuadro N° 42: Lista de proveedores de T.R.C. S.A.C.....	106
Cuadro N° 43: Evaluación de proveedores de T.R.C S.A.C.....	107
Cuadro N° 44: Clasificación de proveedores de T.R.C. S.A.C.	108
Cuadro N° 45: Criterios para realizar el análisis de criticidad.....	110
Cuadro N° 46: Rango de criticidad	110
Cuadro N° 47: Análisis de criticidad de los repuestos de las unidades Freightliner	111
Cuadro N° 48: Análisis de criticidad de los repuestos de las unidades Volvo	112

Cuadro N° 49: Resumen del análisis de criticidad de los repuestos Freightliner	113
Cuadro N° 50: Resumen del análisis de criticidad de los repuestos Volvo.....	114
Cuadro N° 51: Aprox. analítica de los repuestos inicial – Freightliner	116
Cuadro N° 52: Aproximación analítica de los repuestos con la propuesta de mejora –Freightliner.....	117
Cuadro N° 53: Aproximación analítica de los repuestos inicial – Volvo.....	118
Cuadro N° 54: Aproximación analítica de los repuestos con la propuesta de mejora – Volvo.....	119
Cuadro N° 55: Cronograma de capacitación para Logística.....	121
Cuadro N° 56: Participación del mantenimiento predictivo con la propuesta de mejora	122
Cuadro N° 57: Incremento de la disponibilidad operacional con la propuesta de mejora	123
Cuadro N° 58: Indicadores luego de la propuesta de mejora	124
Cuadro N° 59: Resumen- Impacto de la propuesta de mejora	125
Cuadro N° 60: Resumen- Impacto en los indicadores de mantenimiento	125
Cuadro N° 61: Costo del mantenimiento externo con la propuesta de mejora (en todos los equipos)	127
Cuadro N° 62: N° de equipos de monitoreo con la propuesta de mejora	127
Cuadro N° 63: % de Horas de capacitación con la propuesta de mejora	128
Cuadro N° 64: Horas de demora logística y CLC inicial	129
Cuadro N° 65: Horas de demora logística y CLC con la propuesta de mejora	129
Cuadro N° 66: % de repuestos críticos.....	131
Cuadro N° 67: % de Horas de capacitación con la propuesta de mejora	133
Cuadro N° 68: Inversión total de la propuesta de mejora	135

Cuadro N° 69: Ingresos obtenidos por la propuesta de mejora.....	136
Cuadro N° 70: Estado de resultados	136
Cuadro N° 71: Flujo de caja	137
Cuadro N° 72: Indicadores económicos	137

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Exportaciones mundiales de servicios de transporte	03
Figura N° 02: Aporte de los sectores económicos al crecimiento del PBI, 2004 – 2014, I-II Trimestre 2015	04
Figura N° 03: PBI Nacional, PBI Transporte y PBI Telecomunicaciones 2004 – 2014, I-II Trimestre 2015	05
Figura N° 04: Factores de la confiabilidad operacional	39
Figura N° 05: Herramientas para la confiabilidad operacional	41
Figura N° 06: Resumen de la clasificación ABC	49
Figura N° 07: Fotos de la empresa.....	57
Figura N° 08: Organigrama de T.R.C. S.A.C.....	62
Figura N° 09: Mapa de proceso de la empresa T.R.C. S.A.C.	63
Figura N° 10: Foto del área de mantenimiento.....	64
Figura N° 11: Causas de la baja rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C. por Mantenimiento.....	65
Figura N° 12: Causas de la baja rentabilidad de la empresa T.R.C S.A.C. por Logística.....	66
Figura N° 13: Diagrama de Pareto de Mantenimiento	69
Figura N° 14: Diagrama de Pareto de Logística.....	70
Figura N° 15: Mantto externo vs Mantto interno inicial	74
Figura N° 16: Diagrama de Pareto de las fallas de las unidades Freightliner.....	91
Figura N° 17: Diagrama de Pareto de las fallas de las unidades Volvo	92

Figura N° 18: Participación de los proveedores	108
--	-----

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Distribución porcentual	103
Tabla N° 02: Factores y puntos	104
Tabla N° 03: Clasificación de evaluación	105

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se ha elaborado en la empresa Transportes Rodrigo Carranza S.A.C., debido a que se identificaron problemas en las áreas de mantenimiento y logística que afectaban a la rentabilidad actual de la empresa. Para dar solución a estos problemas se planteó mejorar estas áreas a través de un sistema de mantenimiento y logística.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, la presente investigación trata sobre la propuesta de mejora de un Sistema de Mantenimiento y Logística para incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C. El desarrollo se describe en los siguientes capítulos.

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación.

En el Capítulo III, se hace una descripción general de la empresa para tener una idea más profunda del rubro en el que se desenvuelve, sus procesos, clientes, etc. En esta parte también se hace un análisis del problema, haciendo uso de herramientas como Ishikawa y diagrama de Pareto para encontrar las causas raíces que lo originan.

En el Capítulo IV, se muestra el desarrollo de la propuesta del sistema de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C S.A.C., el cual está basado en la aplicación de mantenimiento predictivo, proceso de selección de proveedores, selección de repuestos críticos, además se determinó la cantidad de estos en el almacén en función de la tasa de fallas.

En el Capítulo V, se describe la evaluación económica y financiera de la propuesta en donde se concluye que el proyecto es Rentable debido a que se obtuvo un VAN de S/. 386,968 y un TIR de 25.7%(mayor al $cok=14\%$).

En el Capítulo VI, se enuncian y discuten como se obtuvo cada resultado.

En el Capítulo VII, plantean las conclusiones y recomendaciones, en donde se concluye que se realizó el diagnóstico, la propuesta de mejora y se determinó que era Rentable.

CAPÍTULO 1
GENERALIDADES DE LA
INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

El transporte se puede definir como la acción de llevar los bienes o personas, de un lugar a otro. También como el conjunto de los diversos medios para el traslado de bienes o de personas.

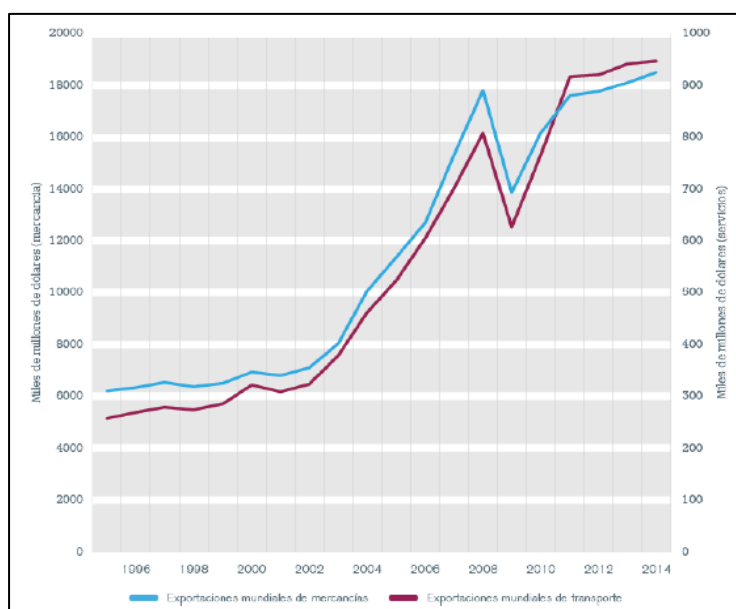
Los medios de transporte han tenido y seguirán teniendo un papel de primer orden en la historia de la humanidad. Su constante evolución, que va desde el propio esfuerzo físico humano y el uso de animales hasta la invención de las máquinas, ha permitido el desarrollo alcanzado por el intercambio comercial.

El transporte es un factor crucial para impulsar el crecimiento económico, reducir la pobreza y lograr los objetivos de desarrollo del milenio (ODM). Las inversiones del Banco Mundial en este sector han facilitado un comercio más eficiente y un mejor desarrollo humano a través de una mayor movilidad, todo ello con la debida atención al cambio climático. Además, la participación del Banco Mundial en el transporte ferroviario, aéreo, marítimo y urbano está creciendo a un ritmo constante en respuesta a las necesidades mundiales de desarrollo. Desde 2002, los proyectos financiados por el Banco Mundial han ayudado a construir o rehabilitar más de 260 000 kilómetros de caminos.

Los servicios de transporte y los servicios financieros han sido los sectores más afectados por la crisis económica mundial. En 2009, las exportaciones mundiales de servicios de transporte disminuyeron un 22% como consecuencia del debilitamiento de la demanda de servicios de transporte de carga que siguió a la fuerte disminución del comercio de mercancías. Los ingresos derivados de los servicios de transporte disminuyeron espectacularmente en todos los principales países exportadores. En Asia, las exportaciones disminuyeron un 28%, en Europa, un 21%, y en América del Norte, un 18%.

El sector mundial de los servicios de transporte comenzó a recuperarse en 2010, año en que registró un crecimiento del 16%. Sin embargo, las exportaciones mundiales del sector, que ascendieron a 906.000 millones de \$EE.UU., no superaron sus niveles anteriores a la crisis hasta 2013. Así como se muestra en la figura N° 01.

Figura N° 01: Exportaciones mundiales de servicios de transporte

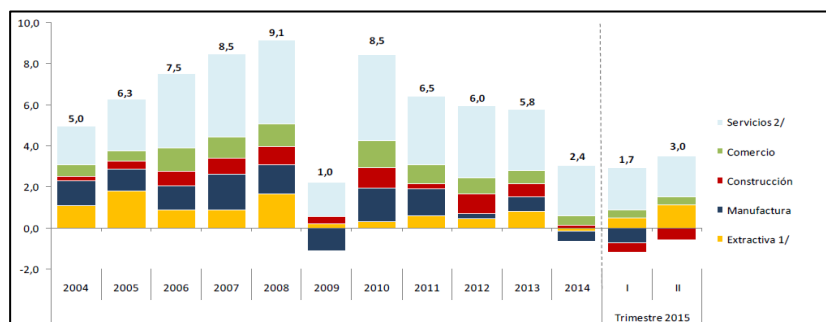


Fuente: Organización Mundial del Comercio

Durante el periodo 2004-2014, la economía peruana ha registrado un crecimiento promedio de 6,0% anual, sustentado en el buen desenvolvimiento de las actividades económicas servicios, comercio y construcción (ver Figura N° 2).

En lo que va de la primera mitad del año 2015, la economía peruana registró un crecimiento de 1,7% en el primer trimestre con relación al mismo periodo del año precedente, esta menor expansión de la producción se debió a un menor crecimiento del consumo (3,6%), acompañado por una reducción de la inversión privada (-3,9%) ante la continua caída de los términos de intercambio y el deterioro de las expectativas de los agentes económicos; además de una reducción del gasto público (-2,6%), principalmente, por dificultades en la ejecución del gasto de inversión de los gobiernos sub-nacionales. En el segundo trimestre de 2015 se observó una recuperación de la producción al crecer 3,0%, resultado de la favorable evolución de los sectores primarios que creció 7,2% debido a un mayor dinamismo de los sectores minería metálica (13,5%), agropecuario (2,9%), procesadores primarios (11,9%) y pesca (36,6%), en tanto, los sectores no primarios (1,9%) registraron tasas de crecimiento inferiores a lo registrado en el segundo trimestre de 2014.

Figura N° 02: Aporte de los sectores económicos al crecimiento del PBI, 2004 – 2014, I-II Trimestre 2015

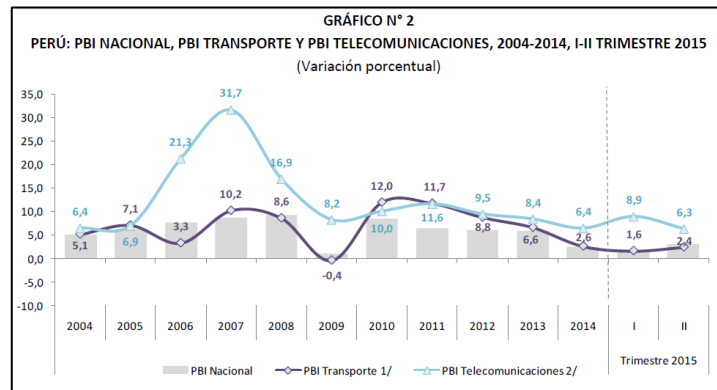


Fuente: BCRP

Como se puede en la Figura N° 03, en lo que va del año 2015, tanto la rama transporte, almacenamiento y mensajería y la rama telecomunicaciones y otros servicios de información han presentado un crecimiento positivo en sus niveles de producción.

En el caso de la actividad transporte, almacenamiento y mensajería, al primer trimestre del 2015, creció 1,6% respecto al mismo mes del año anterior, debido al aumento de la actividad de la subrama transporte (2,2%) pero que fue atenuado por la menor actividad de la subrama almacenamiento, correo y mensajería (-5,5%). El avance del subsector transporte fue determinado por el crecimiento del transporte por vía terrestre (2,1%), justificado por el mayor servicio de transporte de carga y pasajeros por carretera, así como el incremento de la producción en el transporte por vía aérea (4,5%). En el segundo trimestre 2015, la rama transporte, almacenamiento y mensajería registró un crecimiento de su producción en 2,4% con relación al mismo periodo del año precedente, determinado por la expansión de las subramas transporte; y almacenamiento, correo y mensajería que crecieron 2,4% cada uno. El crecimiento de la subrama transporte fue consecuencia del desarrollo del transporte por vía terrestre que creció 1,9%, justificado por el mayor servicio de transporte de carga y pasajeros por carretera, así como una mayor actividad del transporte por vía aérea el cual se incrementó en 2,3%. El desempeño favorable de la subrama almacenamiento, correo y mensajería fue impulsado por el incremento del servicio de almacenamiento el cual subió en 6,4%.

Figura N° 03: PBI Nacional, PBI Transporte y PBI Telecomunicaciones 2004 – 2014, I-II Trimestre 2015



Fuente: Inei

Como se puede apreciar en las figuras anteriores el sector de transporte de carga ha ido incrementándose en los últimos años a nivel Nacional e Internacional.

Es por ello que las empresas dedicadas a brindar este servicio deben enfocarse en brindar un servicio de calidad entregando la carga en el tiempo y lugar acordado.

Es por ello que el presente estudio se basa en el estudio de una empresa dedicada a la carga de mercancías llamada, Transportes Rodrigo Carranza. Actualmente la empresa cuenta con más de 60 años de experiencia y entre los servicios que ofrece tenemos: pesado a granel, carga convencional, carga líquida y de gases, cargas especiales y materiales y residuos peligrosos.

La empresa cuenta con una flota de 456 unidades en las marcas Freightliner, Mack, Kenworth y Volvo. Además cuenta con 566 unidades de remolque entre Camas bajas, Furgones, Plataformas, Bandejas, Tolvas Volquete, Bombonas, Tolvas de descarga ventral y Cisternas.

También cuenta con una amplia gama de maquinarias para el servicio de movimiento de tierras, carga y descarga de productos a granel a nuestras unidades, así como arrumaje y servicios adicionales.

El problema que actualmente tiene la empresa es que no se llega a cumplir con los viajes planificados debido a la falta de disponibilidad de las unidades debido a fallas que no se les da una solución rápida ya que la empresa tiene problemas en la áreas de logística y mantenimiento ocasionado pérdidas económicas por los viajes no realizados.

Entre los problemas del área de mantenimiento se tiene: La falta de mantenimiento predictivo en las unidades de transporte ya que en el año 2016 se tuvo un 0% en el número de órdenes de trabajo para la realización de este tipo de mantenimiento predictivo. La falta de disponibilidad de las unidades de transporte ya que se llegó a realizar 110244 viajes con sus 414 unidades, y dejó de atender 1536 servicios (viajes), esto se debió a que la empresa no llegó a su disponibilidad operacional meta que era de 97%, cabe mencionar que en el año 2016 la disponibilidad operacional fue de 82.8%. Es así pues que en este año se obtuvo un total de 13924 paradas de las unidades de transporte y se tuvo un Tiempo total de reparaciones (TTR) de 125749 horas, un TTF 1365373 horas, MTTR de 11 horas y un MTBF 109 de horas. Esto generó un Costo lucro cesante por tener las unidades paradas debido a mantenimiento correctivo por un total de S/.24,083,056. Para calcular este Costo lucro cesante se multiplicó el costo por hora máquina de cada unidad móvil por las horas de parada. (Ver cuadro N°15)

La falta de personal especializado para realizar las OT de mantenimiento ya que se tuvo un total de 13924 fallas de las cuales el 65%(9051 fallas) se le hizo un mantenimiento interno, y el 35%(4873 fallas) se le hizo un mantenimiento externo. Cabe mencionar que el costo de mantenimiento externo ascendió a S/.10,786,785.

La falta de equipos para la detección de fallas, ya que la empresa no cuenta con equipos que le faciliten la detección de fallas de los componentes de las unidades de transporte, si bien es cierto ellos realizan el mantenimiento preventivo, gran parte de este mantenimiento lo realizan las mismas concesionarias.

Para finalizar los problemas del área de mantenimiento, se tiene la falta de capacitación ya que en el año 2016 se dieron un total de 116 capacitaciones de las cuales el mayor porcentaje fue destinado al área de operaciones y SSOMA (61% del número total), dejando de lado el área de mantenimiento destinando solo el 3% del número total.

Entre los problemas del área de Logística se tiene: Los tiempos muertos por demoras en la entrega de repuestos ya que se llegó a determinar que estos tiempos de demoras en la entrega de repuestos fue de 18969 horas, teniendo en cuenta que es el tiempo total de las 414 unidades con las que cuenta la empresa (en promedio

46 horas de demora al año por unidad), esto generó un Costo lucro cesante por demoras en la entrega de puestos de S/.3, 523, 954. (Ver cuadro N°16)

La falta de un proceso de selección y evaluación de proveedores ocasionaba que no se tenga una adecuada gestión de los proveedores, además no les permitía diferenciar a los proveedores aptos con los que se podía trabajar y cuales no lo eran. Además, esto originaba que los proveedores entregaran los repuestos solicitados con retrasos, afectando la disponibilidad operacional debido a que se extendía el tiempo para dar solución a la falla correctiva. Es por ello que el valor del indicador del % de proveedores críticos es 0%.

La falta de conocimiento acerca de cuáles son los repuestos críticos esto debido a que en ocasiones no se tenía los repuestos en almacén cuando los mecánicos lo solicitaban. Además se determinó que el área logística desconocía cuales eran los repuestos críticos y que deben tener en almacén. Es por ello que el valor del indicador del % de repuestos críticos es 0%.

Otra de las causas de las demoras en la entrega de repuestos era que no se conocía cual era la cantidad de repuestos a tener en el almacén para atender las necesidades de mantenimiento de las unidades de transporte de carga pesada. En el año 2016, la empresa tuvo un costo en repuestos de S/.10, 227,455 y el número de repuestos de las unidades críticas (Freightliner y Volvo) fue de 8739, cabe mencionar que este es el valor real y no se hizo la aplicación de ninguna fórmula para su determinación o cálculo.

Y por último la falta de capacitación para el área Logística, ya que la empresa destinó solo 2 capacitaciones en el año representando el 2% del número total de capacitaciones realizadas.

Todos estos problemas generó una pérdida de S/1, 798,258 soles debido a que no se logró cumplir con los viajes panificados los cuales eran 111780 y solo se llegó a realizar un total de 110244 viajes, reduciendo la rentabilidad de la empresa a un 8% (cabe mencionar que la empresa esperaba obtener un 10% de rentabilidad) obteniendo unas ventas de S/129,067,177 y una utilidad neta de S/11,142,961.

Tomando en cuenta esto, la Empresa Transportes Rodrigo Carranza S.A.C. se ve en la necesidad de proponer como propuesta de mejora un Sistema de Mantenimiento y Logística que en la actualidad no existe y que tiene como finalidad

aumentar la disponibilidad operacional inicial, ya que esta se ve disminuida por los tiempos por paros no programados (mantenimiento) y por la demora en la entrega de repuestos (logística). Además el aumento de la disponibilidad operacional se verá reflejado en el aumento de la rentabilidad debido a que se podrán realizar los viajes planificados.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de un sistema de mantenimiento y logística sobre la rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C.?

1.3 Hipótesis

La propuesta de un Sistema de Mantenimiento y Logística incrementa la rentabilidad de la empresa Transportes Rodrigo Carranza S.A.C.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C. a través de la propuesta de un Sistema de Mantenimiento y Logística.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de los procesos de Mantenimiento y Logística de la empresa T.R.C. S.A.C.
- Elaborar una propuesta de un Sistema de Mantenimiento en la empresa T.R.C. S.A.C, el cual consiste en la implementación de Mantenimiento predictivo.
- Elaborar una propuesta de un Sistema Logístico en la empresa T.R.C. S.A.C para ello se utilizará como herramientas de mejora el SRM (Gestión de relaciones con los proveedores), clasificación de los repuestos en función de la criticidad y gestión de inventarios.
- Determinar los beneficios económicos de implementar la propuesta de un Sistema de Mantenimiento y Logística en la empresa T.R.C. S.A.C.

1.5 Justificación.

1.5.1 Justificación aplicativa o práctica

El presente estudio se justifica, debido a que actualmente no se llega a cumplir el número de viajes planificados de las unidades de transporte a causa de fallas correctivas que no pueden ser arregladas de manera inmediata debido a la falta de disponibilidad de los repuestos necesarios, es por ello que con el presente trabajo se pretende implementar un sistema de Mantenimiento y Logística para mejorar la disponibilidad de las unidades y además asegurar que los repuestos necesarios para realizar el mantenimiento se encuentren disponibles cuando se necesiten.

1.5.2 Justificación teórica

El presente estudio se justifica, debido a que actualmente no se llega a cumplir el número de viajes planificados de las unidades de transporte debido a fallas correctivas que no pueden ser arregladas de manera inmediata debido a la falta de disponibilidad de los repuestos necesarios, siendo la alternativas de solución la aplicación de un sistema de Mantenimiento y Logística.

1.5.3 Justificación valorativa

El presente estudio se justifica, ya que el diseño de un sistema de Mantenimiento y Logística, se verá reflejado en la mejora de la rentabilidad de la empresa debido a que permitirá reducir las fallas correctivas y a la vez asegurar el abastecimiento de los repuestos necesarios para que el tiempo de reparación de las unidades sea el óptimo y puedan cumplir con los viajes planificados aumentando de esta forma los ingresos de la empresa.

1.5.4 Justificación académica

El presente estudio se justifica, ya que al aplicar herramientas de Ingeniería Industrial, servirá como guía o instrumento de consulta para futuras investigaciones acerca de mantenimiento y logística en empresas de transportes de carga.

1.6 Tipo de Investigación

1.6.1 Por la orientación

Aplicada

1.6.2. Por el diseño

Pre experimental.

1.7 Diseño de la investigación

1.7.1 Localización de la investigación

- **Lugar:** Panamericana Norte Km. 562 Carretera a Moche
- **Distrito:** Trujillo
- **Provincia:** Trujillo
- **Departamento:** La Libertad

1.7.2 Alcance

Se enmarca en el ámbito de las ciencias de Ingeniería Industrial en el área de Mantenimiento y Logística, específicamente en el sector de trasportes de carga pesada.

1.7.3 Duración del proyecto

Diez meses

Cuadro N° 01: Duración del proyecto

<i>Fecha de inicio</i>	<i>30 de Septiembre de 2016</i>
<i>Fecha de término</i>	<i>30 de Julio de 2017</i>

Fuente: Elaboración propia

1.8 Variables

- **Variable independiente**

Propuesta de un Sistema de Mantenimiento y Logística

- **Variable dependiente**

Rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C.

1.9 Operacionalización de variables

Cuadro N° 02: Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES							
TÍTULO: "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA TRANSPORTES RODRIGO CARRANZA S.A.C".							
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	MÉTODOS	INDICADOR	FÓRMULA	
¿Cuál es el impacto de la propuesta de un sistema de mantenimiento y logística sobre la rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C.?	Incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C. a través de la propuesta de un Sistema de Mantenimiento y Logística.	1. Realizar el diagnóstico de la situación actual de los procesos de Mantenimiento y Logística de la empresa T.R.C. S.A.C.		Sistema de Mantenimiento: Plan de mantenimiento predictivo	Confiableidad	$MTBF/(MTBF+MTTR)$	
					Disponibilidad	$MTTF/(MTTF+MTTR)$	
					Mantenibilidad	$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)}$, $\mu = 1/MTTR$	
					Mejorar la Disponibilidad de Flota	$\frac{\sum N^{\circ} \text{ Unidades reales } \times \text{ Convoy}}{\sum N^{\circ} \text{ Unidades deseadas } \times \text{ Convoy}} \times 100\%$	
		2. Elaborar una propuesta de un Sistema de Mantenimiento en la empresa T.R.C. S.A.C, el cual consiste en la implementación de Mantenimiento predictivo.	INDEPENDIENTE: -Propuesta de un sistema de Mantenimiento y Logística		-Sistema Logístico : Sistema logístico que asegure el aprovisionamiento de los repuestos a tiempo.	Nivel de cumplimiento de viajes a sus clientes	$(N^{\circ} \text{ de viajes realizados} / N^{\circ} \text{ de viajes planificados}) \times 100\%$
						Rotación de almacén	Valor del repuesto consumido/Valor del stock de repuesto
						Porcentaje de piezas con movimiento	$(\text{Piezas que han tenido movimientos en un periodo fijado} / N^{\circ} \text{ de Piezas totales}) \times 100\%$
		3. Elaborar una propuesta de un Sistema Logístico en la empresa T.R.C. S.A.C para ello se utilizará como herramientas de mejora el SRM (Gestión de relaciones con los proveedores), clasificación de los repuestos en función de la criticidad y gestión de inventarios.				Eficiencia de compras	$100 - (\text{Peticiones de materiales no atendidas en un plazo determinado} \times 100\% / N^{\circ} \text{ de pedidos cursados})$
						Tiempo medio de recepción de pedidos	$\frac{\sum \text{demora de cada pedido}}{N^{\circ} \text{ de pedidos totales}}$
		4. Determinar los beneficios económicos de implementar la propuesta de un Sistema de Mantenimiento y Logística en la empresa T.R.C. S.A.C.		DEPENDIENTE: Rentabilidad		Análisis financiero	Margen de Utilidad sobre Ventas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la Investigación

Esta investigación, se ha elaborado en base a una búsqueda bibliográfica y haciendo un análisis de la información encontrada, se denotan algunos antecedentes encontrados.

1. Mantenimiento

A. Nacionales

1. Huancaya, C. (2016), "Mejora de la disponibilidad mecánica y confiabilidad operacional de una flota de cosechadoras de caña de azúcar de 40 t/h de capacidad", Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú-Perú.

El presente trabajo desarrolla un proyecto de mejora de la Disponibilidad Mecánica y Confiabilidad Operacional de una Flota de Cosechadoras de Caña de Azúcar, para lo cual se desarrolla un modelo que permita optimizar los referidos indicadores.

Se trabajó en base a la data de operación y mantenimiento de la flota con la que cuenta la empresa para un periodo de 17 meses, se parte de la realización del Análisis de Criticidad en donde se define y cuantifica los parámetros en base a los cuales se jerarquizarán las cosechadoras de la flota a partir de donde se seleccionará el equipo más crítico y se pasará a analizar cada una los modos de falla que ha presentado el equipo para dicho periodo. Se realizó el Análisis Modal de Fallas y Efectos en donde se logró clasificar y analizar cada una de los modos de falla que presentó el equipo crítico para el referido periodo, la máquina presenta 178 modos de falla, de los cuales se seleccionan los 5 más críticos en base a los índices de gravedad, ocurrencia y detectabilidad, para la obtención de resultados más fiables se tomaron los referidos modos de falla críticos de toda la flota. Mediante un Software de Mantenimiento Especializado se estima los parámetros de vida de uno de los modos de falla críticos, a partir de donde se estima valores de Confiabilidad para determinados periodos de tiempo, posteriormente se calcula los Indicadores de Clase Mundial (MTBF, MTTR y Disponibilidad) y la Efectividad Global del Equipo (OEE) que permiten observar el estado actual de la flota.

Seguidamente, se propone una serie de acciones para las Áreas de operación y mantenimiento que involucran a la empresa, con las cuales se pueda prevenir que vuelva a ocurrir la falla crítica.

Con el plan de mantenimiento que cuenta la empresa el rendimiento de la producción es de 1 278 167 toneladas de caña en lo últimos 17 meses, con el desarrollo del proyecto de mejora se podrá llegar hasta 1 280 190,45 toneladas de caña. Con la implementación de la optimización del plan de Mantenimiento se lograría una utilidad de hasta 32 096,37 dólares americanos para los próximos 17 meses con lo cual se justificaría desde el punto de vista económico.

2. Félix D. y Castañeda O. (2013), "Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricación que permita mejorar la confiabilidad de las maquinarias en la planta Merrill Crowe de Minera Coimolache S.A., Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú.

Con la base teórica adquirida en mantenimiento, se realizó un diagnóstico de la gestión actual del sistema de lubricación encontrando estos problemas: temperaturas de funcionamiento elevadas, fugas de lubricante, lubricante inadecuado y tiempo de demora para realizar las tareas de lubricación. Dentro de las principales causas de los problemas del sistema de lubricación actual se encontraron: Gestión de la lubricación, Infraestructura, Método y Entrenamiento. Para ello se han planteado las siguientes propuestas de mejora: estandarización y consolidación de lubricantes, almacenamiento y manejo de lubricantes, control de la contaminación, educación y entrenamiento del personal, prácticas de lubricación y relubricación, procedimientos y guías de lubricación.

En esta tesis se logró implementar el sistema de mantenimiento preventivo basado en la lubricación y además se logró mejorar la confiabilidad de la maquinaria de 0.5 a 0.83 y se logró reducir el tiempo de cambio de aceite en 54.98% y el re-engrase en 50.38%.

B. Internacionales

3. Ixpatá, Edwin (2010), "Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y mejora del sistema de extracción de vapores inflamables, en la empresa Transproductos, S. A.", Tesis de grado Ingeniera Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

El presente trabajo, fue desarrollado a través del programa de EPS en la empresa Transproductos, S.A., y se basa en la necesidad de diseñar un programa de mantenimiento preventivo en cada una de las máquinas que conforman el sistema productivo de la empresa, que se dedica a la producción de bolsas plásticas de polietileno de baja densidad. También se establecen mejoras al sistema de ventilación y extracción de vapores, enfocado a las necesidades actuales de la planta. Se analiza la situación actual del mantenimiento, que se le brinda a toda la maquinaria de la planta, donde se logró determinar la falta de un programa de mantenimiento preventivo que ayude a mejorar el rendimiento de los equipos industriales que posee la empresa.

Para las mejoras en el sistema de extracción de vapores, se realizó un estudio basándose en observaciones de las diferentes áreas de trabajo, determinando así las condiciones ambientales y ergonómicas en las que el personal labora y se desarrolla diariamente, como también los actos y condiciones inseguras que debían ser corregidos adecuadamente

Se llegó a tener la siguiente conclusión, un plan de mantenimiento preventivo en la empresa, es más efectivo que el mantenimiento correctivo aplicado actualmente, ya que se tiene una programación de las actividades que deben de efectuarse en cada una de las máquinas con una frecuencia determinada, para anticiparse a cualquier falla o anomalía y mantenerlas en óptimas condiciones de funcionalidad

4. Constante, Juan (2014), "Mejoramiento de la producción de una planta embotelladora de cerveza súper línea de cervecería nacional.", Tesis de grado Ingeniera Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil.

El objetivo de este proyecto se enfoca en brindar mediante un análisis estructurado poder mantener en óptimas condiciones las instalaciones, maquinarias y equipos, sean estos nuevos o no, para alcanzar un elevado porcentaje de confiabilidad. En el aspecto del mantenimiento de los equipos, se tienen continuas averías y existe un alto nivel de stock de inventario para atenuar el tiempo perdido por las paradas no programadas; esto posteriormente afecta de manera directa al costo de producción.

La metodología que se siguió se basó en administrar la información de las fallas de los equipos para determinar oportunidades de mejoras y verificar las acciones tomadas para el tratamiento de averías importantes. Se generó controles para el monitoreo del costo de mantenimiento específico, de la eficiencia de los equipos y del cumplimiento del plan de mantenimiento, logrando verificar la eficacia de la gestión del área de envasado.

Los resultados que se obtuvieron, fueron la reducción de las averías en un 20%, como consecuencia de la participación de los operarios en identificación de anomalías técnicas en los equipos durante la operación habitual y la correcta implementación de las acciones que resultaron de los análisis de fallas. Se evidenció la importancia de las tareas de mantenimiento planeado por medio de la transferencia de habilidades y conocimiento de tareas rutinarias y preventivas. Los resultados fueron analizados comparando el costo, riesgo y beneficio que conllevó a la implantación del Diseño del Sistema de Mantenimiento Preventivo; de esta manera se determinó la factibilidad del presente proyecto y se logró que el programa de TPM se convierta en un sistema de mejora continua que la empresa requiere.

2. Logística

A. Nacionales

5. Marcelo, L. (2014), "Análisis y propuestas de mejora de sistema de gestión de almacenes de un operador logístico", Tesis de grado para optar el Grado de Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Gestión de Operaciones, Escuela de Postgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú-Perú.

La presente tesis es un trabajo de investigación que se enfoca en desarrollar un sistema de gestión de almacenes para las empresas de retail, que incluye

el almacenaje de mercadería y la correcta distribución de ésta a los diversos puntos que son requeridos por sus clientes. El conocimiento y aplicación de software permitirá administrar y gestionar; además será el inicio de una serie de acciones a realizar orientadas hacia la mejora continua.

Las exigencias de los clientes respecto de la calidad de los productos son cada vez mayores, asimismo el mercado exige ser bastante competitivo en costos, por lo cual un elemento diferenciador, será el analizar la mejora en los procesos logísticos y eliminar todo lo que no genera valor

Resultados: Finalmente el sistema de gestión de almacén propuesto permite la fácil coordinación de información y distribución dentro del almacén que supera las expectativas del mercado local en un Operador Logístico generando un impacto positivo en la viabilidad económica tal como: VAN \$ 315,528.06 y TIR 97%, adicionalmente se logró desarrollar actividades logísticas de la empresa como: disminución de mermas en un 27%, los traslados de productos en un 43%. Asimismo tiene como ventajas: validar información de proveedores, disminuir niveles de inventario, agilizar rotación artículos, plantear rutas óptimas de distribución, coordinar efectivamente los recursos, espacios, personal, entre otros.

6. Arrieta, E. (2012), "Propuesta de mejora en un operador logístico: análisis, evaluación y mejora de los flujos logísticos de su centro de distribución", Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú-Perú.

La presente tesis consiste en realizar una propuesta de mejora en los procesos de un operador logístico, en el que pretende optimizar el traslado de productos dentro de sus zonas de trabajo, utilizar menos tiempo y recursos operativos que permitan incrementar el desempeño del personal dentro del centro de distribución logística de la empresa en estudio.

El diagnóstico identificó que la empresa tenía dificultades en todas sus líneas de trabajo, principalmente en la recepción, almacenamiento y preparación de productos.

La ejecución de las propuestas de mejora generaron un impacto positivo en el desarrollo de las actividades logísticas de la empresa, ya que se logró

reducir en promedio: los tiempos de operación en un 80%, los traslados de productos en un 43% y los costos de operación en un 91%. A su vez, permitió el ordenamiento de los flujos logísticos, la redefinición de los acuerdos de nivel de servicio con el cliente en función a su capacidad operativa real, la reducción de las diferencias de inventario en un 77%, la optimización de la generación y captura de información mediante RFID, en la mejoría del desempeño del personal aplicando la filosofía de trabajo 5'S.

B. Internacionales

7. Molina, J. (2015), "Planificación e implementación de un modelo logístico para optimizar la distribución de productos publicitarios en la empresa Letreros Universales S. A", Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana – Guayaquil

La presente investigación aborda la problemática de los modelos logísticos para mejorar la satisfacción de los clientes, por ello se planteó como objetivo general, planificar e implementar un modelo logístico para optimizar la distribución de productos publicitarios en la empresa Letreros Universales S. A.; para el efecto se llevó a cabo una investigación descriptiva, deductiva, cuantitativa, empleando las técnicas de la encuesta, entrevista y del instrumento del cuestionario a una muestra de 45 clientes y de 10 trabajadores, cuyos resultados evidenciaron la falta de un modelo logístico, por ello no se planifican los procesos de compras, recepción y almacenamiento que se realizan de manera aislada, con posterioridad del pedido del cliente, a lo que se debe añadir que tampoco se han evaluado las rutas ni los costos del transporte en la distribución de productos publicitarios al domicilio de los clientes, siendo el atraso que manifiesta el comprador hasta de cinco días, generando inclusive que sus clientes puedan perder contratos de trabajo.

Por este motivo se plantea un modelo administrativo, que se basa en la aplicación de los métodos del punto de repedido, lote económico del pedido, modelo de transporte y red PERT para mejorar la productividad.

Resultados: Alcanzando la inversión en esta alternativa, 46,81% de TIR, \$32.389,64 de VAN, recuperación del capital a invertir en 2 años y 3 meses y coeficiente beneficio / costo de 2,02 que evidenciaron la factibilidad de la propuesta.

2.2 Base Teórica

2.2.1 Marco Teórico

1. Mantenimiento

A. Definición de Mantenimiento.

El mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento. **(Cañón y otros, 2010).**

B. Tipos de Mantenimiento. (Gonzales y otros, 2007)

Existen varios tipos de mantenimiento con diferencias en cuanto a objetivos, planificación, recursos necesarios, etc. En la actualidad, en las grandes industrias, ninguna de estos tipos se utiliza exclusivamente, sino que se realiza un mantenimiento planificado que combina los diferentes tipos con el objetivo de optimizar los costes globales y la disponibilidad de los equipos. Diversos términos como Mantenimiento Proactivo, Mantenimiento Basado en la Fiabilidad (Reliability Based Maintenance , o RBM) o Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance, o TPM) designan formas diferentes de enfocar la planificación del mantenimiento en una planta industrial combinando los cuatro tipos básicos citados así como ciertos enfoques adicionales. Estas tipologías básicas de mantenimiento son las siguientes:

- a) **Mantenimiento ante fallo:** También llamado mantenimiento frente a rotura (Breakdown Maintenance): se refiere a las operaciones de mantenimiento que tienen lugar tras el fallo y cuyo objetivo fundamental es la rápida devolución de la máquina a las condiciones de servicio. Para ello se pone énfasis en sustituir o reparar rápidamente las piezas que han fallado. Si bien es un tipo de mantenimiento poco desarrollado, en la actualidad se utiliza

masivamente junto con el mantenimiento correctivo debido, en unos casos, a un desconocimiento más avanzado de las técnicas de mantenimiento y a la falta de organización aunque, en otros casos, está plenamente justificado por ser el método más eficiente.

La ventaja fundamental de este método es la rapidez de la puesta en funcionamiento de la máquina y que las diferentes piezas se usan hasta que fallan, agotando de este modo su vida útil.

Sin embargo, las desventajas que presenta este método son numerosas, pudiéndose destacar las siguientes:

- En este tipo de mantenimiento no se busca la causa origen de la avería (que no necesariamente se encuentra en la pieza que ha fallado) por lo que, tras la reparación, la avería se volverá a repetir en un corto espacio de tiempo. Por ejemplo si existe un desequilibrio en un eje de una máquina se producirá un desgaste rápido de los rodamientos y como consecuencia un deterioro de los mismos. La acción reparadora se limitará a sustituir los rodamientos defectuosos. Sin embargo, el problema de fondo no se solucionará en tanto no se corrija el desequilibrio existente.
- El trabajo de mantenimiento no puede ser planificado, dado que no se sabe cuándo se va a producir el fallo (imposibilidad de previsión). Así, el fallo puede producirse cuando el personal técnico de mantenimiento no está en la planta (durante la noche, por ejemplo) lo que retrasa la reparación y puesta en servicio. Además, en el caso de que varios fallos se produzcan simultáneamente, el personal de mantenimiento puede sufrir una acumulación puntual de trabajo que impida el restablecimiento normal de la fabricación de forma inmediata.
- Obliga a la existencia de repuestos suficientes para cubrir las eventuales reparaciones y evitar largas paradas esperando a los repuestos lleguen a la planta, lo que incrementa el coste de material inmovilizado y de almacén.
- Si la reparación no es rápida el fallo de la máquina puede dar lugar

a una pérdida económica importante al producirse una parada de producción, especialmente en máquinas críticas dentro de la línea.

- Las averías, al ser imprevistas, pueden ser graves para la máquina, ya que el fallo de un elemento puede dar lugar al fallo de otro elemento conectado al mismo. En ocasiones, el fallo de una pieza pequeña y poco costosa provoca un fallo catastrófico en la máquina que se traduce en una pérdida económica importante.
- Las averías imprevistas pueden dar lugar a siniestros con consecuencias graves para el personal o el resto de las instalaciones. Así, este tipo de mantenimiento no reduce el riesgo de daños en los trabajadores ni en las instalaciones. **(Gonzales y otros, 2007)**

b) **Mantenimiento correctivo:** Este tipo de mantenimiento tiene las mismas características que el anterior (mantenimiento ante fallo) salvo en que considera necesario no solo reparar la máquina averiada sino también buscar, diagnosticar y corregir la causa real que provocó el fallo. Las ventajas e inconvenientes de este método son las mismas que en el mantenimiento ante fallo, con la salvedad de que, al reparar la causa original del fallo, se previene la rápida reaparición del mismo.

Este método, más indicado que el mantenimiento ante fallo (no correctivo), sólo es aplicable cuando existe disponibilidad suficiente de equipos de repuesto y la sustitución es rápida, económica, y no supone interrupciones ni perjuicios en el proceso productivo. Esto suele ser así en el caso de máquinas sencillas y baratas y de las cuales existen varias unidades en la planta industrial, lo que permite con un repuesto reducido cubrir gran parte de los eventuales fallos. En estos casos, probablemente el mantenimiento correctivo sea más económico y eficiente que cualquier otro.

c) **Mantenimiento preventivo:** Es un tipo de mantenimiento cuyo objetivo consiste en prevenir el fallo. El mantenimiento preventivo más común es el planificado (PPM, Planned Preventive Maintenance). Se basa en el establecimiento de una rutina sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo. En la mayoría de casos la sustitución

de un componente se realiza sistemáticamente, independientemente del estado de la pieza, basándose en el número de ciclos realizados o el tiempo de trabajo de la máquina y en la información histórica del tiempo medio entre fallos (MTBF, Mean Time Between Failure) del componente. De este modo tratan de evitarse los fallos inesperados. El éxito del método radica en una adecuada elección de los intervalos de sustitución de las piezas. Este tipo de mantenimiento también incluye las operaciones preventivas que se ejecutan aprovechando alguna coyuntura (máquina parada por cuestiones de producción, máquina parada por avería de otra pieza, etc.) que permita obtener un beneficio al realizar en ese momento la sustitución de la pieza a la que se aplica prevención (mantenimiento preventivo de oportunidad).

La ventaja de este método, frente al mantenimiento correctivo, es que la planificación del mantenimiento es más sencilla, produciéndose un menor número de imprevistos y paradas no programadas de producción. Además, reduce la necesidad de almacenamiento de repuestos, ajustando la adquisición de los mismos a los períodos planificados de inspección.

El método es especialmente indicado para aquellos componentes que tienen una curva de deterioro claramente dependiente del número de ciclos, como por ejemplo los filtros. De hecho el cambio de aceite y filtros o bujías en un automóvil es un claro ejemplo de la aplicación de una estrategia de mantenimiento preventivo. Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, entre las que cabe reseñar:

- Puede resultar antieconómico si los períodos de sustitución de piezas no están correctamente definidos (no se agota la vida útil de las piezas), labor complicada dado el elevado número de factores variables que pueden afectar a la vida de algunas piezas.
- La intervención preventiva sobre la máquina por un operario puede introducir nuevos fallos en la misma, debidos a errores humanos en los trabajos de sustitución, fallos que no se habrían producido sin dicha intervención.
- En máquinas cuyo funcionamiento no es continuo esta estrategia

obliga a incorporar contadores de diversos tipos para controlar los períodos de intervención.

- La probabilidad de fallo del sistema no se reduce si la sustitución se realiza dentro del rango de vida útil de la pieza (zona plana de la curva de la bañera), produciéndose en cambio un coste económico al reemplazar una pieza que aún podía funcionar correctamente por mucho tiempo.
- Las paradas de producción necesarias para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo afectan al ritmo normal de producción y pueden suponer un coste elevado que en algunos casos puede no recuperarse. Esto puede paliarse, en parte, en los casos en que la sustitución se realiza aprovechando paradas de la producción que igualmente debían realizarse por otros motivos técnicos. **(Gonzales y otros, 2007)**

d) **Mantenimiento predictivo:** Este método, también llamado mantenimiento basado en la condición (condition-based maintenance, o condition monitoring) corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, cambiando las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas en las que no se sustituyen piezas, sólo se analiza el estado de la máquina mediante la medida de una serie de parámetros objetivos. Cuando los parámetros medidos demuestran la inminencia de un fallo, se actúa con una operación correctiva que subsana la causa del fallo y repara o sustituye las piezas dañadas o desgastadas. La medida de los parámetros se realiza sin necesidad de parar la máquina ni interrumpir la producción. En algunos casos la medida del valor de estos parámetros se realiza de forma continua, dando lugar al mantenimiento predictivo online o continuo; en otros la medida se realiza con una periodicidad definida.

El intervalo de inspección debe fijarse en un tiempo que permita detectar variaciones en el estado de la máquina, caso de que las haya habido, y corregir o sustituir los elementos necesarios antes de que se produzca el fallo. Algunos de los parámetros más usados como indicador del estado de la máquina o de algunos de sus componentes

son el nivel de ruido, el nivel de vibración, el nivel de partículas metálicas en el lubricante, la temperatura, u otros parámetros característicos del funcionamiento de cada máquina en concreto (caudal, presión en el caso de bombas, intensidad o voltaje para máquinas eléctricas).

De todos ellos el nivel de vibración es el más universalmente usado en el mantenimiento predictivo de maquinaria, por ser uno de los que permite detectar con mayor fiabilidad un gran número de potenciales fallos

El mantenimiento predictivo está especialmente indicado en aquellas máquinas en las que un fallo produce un elevado riesgo para la seguridad (grandes máquinas, máquinas que trabajan con materiales peligrosos, vehículos de transporte de personas, instalaciones de energía nuclear) o tiene un coste elevado, bien por la posibilidad de fallo catastrófico de la máquina (máquinas únicas, caras), bien por provocar una parada de producción (máquinas críticas en una línea de producción). Las ventajas más destacadas de este tipo de mantenimiento son:

- Los períodos de vida de las piezas pueden agotarse al máximo, disminuyendo el número de intervenciones y evitando los fallos inesperados.
- Se reduce la necesidad de almacenamiento de piezas, pues las que hayan de sustituirse pueden adquirirse con la suficiente antelación.
- La inspección con técnicas adecuadas permite detectar el origen de los problemas de la máquina y no sólo sus síntomas y, además, sin necesidad de parar su funcionamiento.
- La información histórica sobre la evolución de los parámetros permite un mejor conocimiento de las máquinas, de su funcionamiento y de sus modos de fallo.
- Cuando ha de realizarse la reparación ésta es más rápida ya que se ha detectado previamente el punto en el que ha de trabajarse.

- Mejora la seguridad de la planta al reducirse la probabilidad de producción de accidentes como consecuencia de fallos imprevistos.
- Sin embargo, la introducción de este método de mantenimiento no está exenta de inconvenientes. Algunos de ellos son:
- La necesidad de una mayor formación del personal en las diferentes técnicas de inspección y en la interpretación de los valores de los parámetros obtenidos, de forma que se evite la aparición de fallos o la realización de paradas innecesarias como consecuencia de una mala interpretación de los parámetros.
- La inversión necesaria en diferentes equipos de medida y registro de parámetros y en la elaboración de una base de datos adecuada.
- La falta de experiencia sobre el valor de los parámetros que indica un estado peligroso de la máquina, especialmente en las etapas iniciales, con las consiguientes dudas sobre el momento en que la parada para reparación es obligada. **(Gonzales y otros, 2007)**

C. Los costes de mantenimiento: (Navarro, 1997)

El coste de las reparaciones es una parte más del precio final del producto. Independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que debemos asumir.

Aunque no podemos generalizar, el coste de mantenimiento de un producto se sitúa sobre el 5-10% del total. En principio, esta cantidad no parece elevada pero tiene dos características importantes. La primera es que, a diferencia de otras partidas como la materia prima, es un coste que lo fija o controla la propia empresa, pudiendo destinar mayores o menores recursos. La segunda es que genera un gasto que obliga a una cierta liquidez que no se recupera (como el coste de la materia prima que se puede ir compensando con las ventas).

Si descomponemos los costes de mantenimiento según diferentes aspectos, podemos agruparlos en cuatro bloques:

- Costes fijos

- Costes variables
 - Costes financieros
 - Costes de fallo
- a) **COSTES FIJOS:** Su principal característica es que son independientes del volumen de la producción y de las ventas. Dentro de estos costes podemos destacar los de la mano de obra indirecta, las amortizaciones tanto de instalaciones productivas como de los edificios - los alquileres, seguros, etc., y los costes fijos de mantenimiento. Estos costes fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y hard time así como todo el gasto originado por el engrase de las máquinas.

Desde el punto de vista de mantenimiento, se trata, por tanto, de un gasto que asegura el estado de la instalación a medio y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo, limita la cantidad de revisiones programadas y, en un primer momento, supone un ahorro para la empresa. Este ahorro implica una mayor incertidumbre sobre el estado de la instalación y, por tanto, de su capacidad productiva real. **(Navarro, 1997)**

- b) **COSTES VARIABLES:** Estos costes tienen la peculiaridad de ser proporcionales a la producción realizada. Podemos destacar los de embalajes, portes, mano de obra directa, materias primas, energía, etc. y los costes variables de mantenimiento.

Dentro de los costes variables de mantenimiento nos encontramos, básicamente, con la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo. Este correctivo será tanto consecuencia de las averías imprevistas como de las reparaciones que debamos hacer por indicación de los otros tipos de mantenimiento.

Lógicamente, cuanto más se utilice la instalación mayor será el número de averías que aparezcan y, por tanto, la necesidad de

realizar un mantenimiento correctivo.

En principio, parecería imposible reducir este tipo de gasto en mantenimiento, dado que viene directamente de la necesidad de realizar una reparación para poder seguir produciendo. La manera de reducir este tipo de gasto no pasa por dejar de hacer el mantenimiento correctivo sino por evitar que se produzcan las averías inesperadas. **(Navarro, 1997)**

- c) **COSTES FINANCIEROS:** Los costes financieros asociados a mantenimiento se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como a las amortizaciones de las máquinas duplicadas para asegurar la producción.

El coste de todos los recambios de almacén para realizar las reparaciones supone un desembolso para la empresa que limita su liquidez. Si los recambios son utilizados con cierta frecuencia nos encontramos con un mal menor dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo, cuando los recambios tardan mucho tiempo en ser utilizados, estamos incurriendo en un gasto que, en principio, no genera ningún beneficio para la empresa.

Dentro de estos gastos financieros debe tenerse también en cuenta el coste que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor disponibilidad. En determinadas circunstancias que se obliga a una disponibilidad total, es necesario montar en paralelo una máquina similar que permita la reparación de una de ellas mientras la otra está en funcionamiento. El coste de esta duplicidad suele olvidarse en el cómputo de los gastos de mantenimiento, pero debe tenerse en cuenta dado que el motivo de su presencia es el aumento de la disponibilidad y este concepto es responsabilidad de mantenimiento. **(Navarro, 1997)**

- d) **COSTES DE FALLO:** El coste de fallo se refiere al coste o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con mantenimiento. Normalmente, este concepto no suele tenerse en cuenta cuando se habla de los gastos de

mantenimiento, pero su volumen puede ser incluso superior a los gastos tradicionales (costes fijos, variables y financieros) vistos anteriormente. Este concepto es aplicable tanto a empresas productivas como a empresas de servicios.

Empresas productivas

- En este tipo de empresas los costes de fallo se deben principalmente a: Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad de la mano de obra del personal de producción mientras se realizan las reparaciones.
- Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas, fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.
- Rechazo de productos por falta de calidad.
- Producción perdida durante la reparación, menores ventas, menores beneficios.
- Averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes para la empresa, fugas de productos, etc.
- Averías que puedan suponer riesgo para las personas o para la instalación, daños humanos, primas de seguro, imagen, etc.
- Costes indirectos, amortizaciones, etc.
- Pérdidas de imagen, ventas, etc.

A los costes que pueden generar estos hechos debemos sumar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad. Como vemos, en muchos casos, el coste directo de la reparación será insignificante en comparación al coste de fallo que se puede originar.

El coste de fallo en empresas productivas será tanto mayor cuanto mayor sea la automatización y la amortización de la instalación. El

caso más desfavorable será para las empresas que trabajan con el método Just in Time, cero stock. Esto se debe a que cuando se produce una avería, los costes variables de la empresa descienden al no haber producción, pero los fijos se mantienen. El coste de fallo se podría simplificar, en su cálculo, como la suma de los costes fijos durante el tiempo de la reparación más el beneficio que se deja de obtener en este mismo período. **(Navarro, 1997)**

Empresas de servicios

En este caso, la falta de producción no será el factor dominante del coste de fallo pero no por eso menos importante. Si suponemos un hotel de cinco estrellas en el que aparezcan bombillas fundidas, grifos que goteen, etc., el coste de fallo puede originar desde la pérdida de la clientela hasta el descenso de categoría. En estos casos es difícil cuantificar el coste de fallo; sin embargo, pueden tomarse indicadores del tiempo necesario para realizar las reparaciones desde su conocimiento hasta su eliminación y del tipo de averías, cuantificándolas con el fin de comparar. **(Navarro, 1997)**

D. Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo. (Sima ,(s.f.))

Pasos necesarios para establecer un programa efectivo de mantenimiento preventivo.

Probablemente su modelo tenga algunas diferencias no significativas, dependiendo de cómo este estructurada su organización, de sus políticas y otros factores pero todas las opciones se pueden manejar en un momento determinado. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Determine las metas y objetivos.

El primer paso para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo es determinar exactamente, qué es lo que se quiere obtener del programa. Usualmente el mejor inicio es trabajar sobre una base limitada y expandirse después de obtener algunos resultados positivos.

Si tiene alguna dificultad con sus metas puede tomar algunos "tips" de la lista de beneficios del programa de mantenimiento

mencionado con anterioridad, mostramos ahora algunos ejemplos muy simples:

- Incrementar la disponibilidad de los equipos en un 60%.
- Reducir las fallas en un 70%.
- Mejorar la utilización de la M. O. en un 30%.
- Incrementar el radio del mantenimiento programado respecto al mantenimiento reactivo en una proporción 2 a 1.

2. Establecer los requerimientos para el mantenimiento preventivo.

Decida qué tan extenso pueda ser su programa de mantenimiento preventivo. Qué debe de incluir y dónde debe de iniciar.

a) Maquinaria y Equipo a incluir.

La mejor forma de iniciar esta actividad es determinar cuál es la maquinaria y equipo más crítico en la planta; Algunas veces esto es muy fácil y otras veces no, esto depende de lo que manufacture su compañía; piense en su lista y acuda a sus clientes (producción, cabezas de departamento, etc.) y pregúnteles; después de todo, ellos son las personas a quienes debe atender.

Haga de su programa de mantenimiento preventivo un "sistema activo"; donde participen todos los departamentos. **(Sima, (s.f.))**

b) Áreas de operación a incluir.

Puede ser mejor, seleccionar un departamento o sección de la planta para facilitar el inicio; ésta aproximación permite que concentre sus esfuerzos y más fácilmente realice mediciones del progreso. Es mucho mejor el expandir el programa una vez que probó que se obtienen resultados.

c) Decida si se van a incluir disciplinas adicionales al programa de mantenimiento preventivo.

Debe determinar si implementará rutas de lubricación, realizar inspecciones y hacer ajustes y/o calibraciones, o cambiar partes en base a frecuencia y o uso. (Mantenimiento preventivo tradicional.)

Inspecciones periódicas de monitoreo, y análisis de aceite (el cual es parte de un mantenimiento predictivo).

Lecturas de temperatura / presión / volumen (que es; la condición de monitoreo y forma parte de mantenimiento predictivo por operadores.) O cualquier otro subsistema.

La maquinaria y equipo que seleccionó para incluir en el programa, determinará si necesita disciplinas adicionales de mantenimiento preventivo, cada subsistema provee beneficios, pero también influirá en sus recursos disponibles. Tenga esto siempre presente e inclúyalo en su propuesta original. **(Sima, (s.f.))**

d) Declare la posición del mantenimiento preventivo.

Es importante que cualquier persona en la organización entienda exactamente qué consideró como el mayor propósito del programa de mantenimiento preventivo. No tiene que ser tan breve, es decir sin sentido, pero tampoco deberá ser tan extenso que cree confusión.

No desarrollar un enunciado claro y conciso, puede hacer su programa muy difícil, esto sucede frecuentemente.

e) Medición del mantenimiento preventivo.

Muchos de los componentes del plan de mantenimiento preventivo han sido ya discutidos aquí, solo queda ponerlos todas bajo una cubierta y desarrollar una línea de tiempo para su implementación, así como para desarrollar los requerimientos de los reportes y la frecuencia, para la medición del progreso.

Ponga particular atención en la medición del progreso, ya que es en donde muchos programas de mantenimiento preventivo fallan.

Si no mide el progreso no tendrá ninguna defensa, y como lo sabe, lo primero que se reduce cuando existen problemas de este tipo, es

precisamente en el presupuesto del programa de mantenimiento preventivo.

También cuando requiere expandir el programa y no puede probar que está trabajando para obtener los resultados que predijo, no encontrará fondos u otros recursos necesarios.

Por último y de mucha importancia, si no mide los resultados no podrá afinar su programa; en concreto, si no hace de su sistema un sistema activo, esto puede lentamente destruir su programa. Así es como fueron concebidos otros programas pobres. **(Sima, (s.f.))**

f) Desarrolle un plan de entrenamiento.

No necesitamos mencionar demasiado sino solo la invariabilidad del requerimiento de un entrenamiento completo y consistente, determine estos requerimientos y desarrolle un plan comprensible para acoplarlo a la línea de tiempo establecida que desarrolló.

g) Reúna y organice los datos.

Esta puede ser una actividad bastante pesada, independientemente de si tiene implementado o no, un sistema completo. Recuerde que estamos hablando del programa de mantenimiento preventivo.

Son diversos los elementos requeridos para ordenar e implementar un programa de mantenimiento preventivo.

3. Para establecer su programa de mantenimiento preventivo siga los siguientes pasos:

- Los equipos que incluya en el programa de mantenimiento preventivo deben de estar en el listado de equipos.
- Se requiere de una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento preventivo). Esta tabla le indicara al sistema con qué frecuencia debe de generar las órdenes de trabajo, o su gráfico de MP, así como el establecimiento de otros parámetros para su programa.

- Requiere planear sus operarios y contratistas para sus órdenes de trabajo de MP, su programa necesitará de códigos de oficios y actividades. Adicionalmente necesitará ingresar estos datos a la base de datos electrónica o enlazarlos de alguna manera con su programa de MP.
- La planeación y el uso de materiales y refacciones en los registros del MP por máquina, requiere para ello ingresar con anticipación los artículos de inventario y enlazarlos a su programa de MP.
- Debe tener procedimientos detallados o listados de rutinas, listos en el sistema o en algún procesador que facilite su control de allí que tenga que planear su codificación, también es buena idea mantenerlos en “file” por máquina o equipo. Busque siempre soluciones simples.
- Tabla de frecuencias de mantenimiento preventivo. Una vez que ha seleccionado la maquinaria y equipo que será incluido en su programa de MP, necesitará determinar qué frecuencia va a utilizar en cada orden de trabajo que se ha de emitir. **(Sima ,s.f.)**

Una máquina puede llegar a tener programados varios MP, los que van desde simple inspección, ruta de lubricación, análisis de aceite, reposición de partes, diagnósticos de predictivo, etc.

Por lo que sugerimos utilice criterios como, múltiplos de 28 días, horas de operación, piezas producidas, o bien emitir OT de inspección previa a la ejecución del MP.

Si requiere de toma de lecturas, inspección diaria o rutas de lubricación necesitara de un programa de tareas que soporte este tipo de MP.

Como puede observar esto puede incrementar su carga de trabajo, utilizar entonces un sistema basado en la confiabilidad de máquina, sub-ensamble o componente, así como historiales de intervenciones.

- Calendario. Determinar un número de días entre las inspecciones o ejecución de los MP. Usualmente la mayoría de su equipo caerá dentro de esta categoría. Este el tipo de mantenimiento preventivo es más fácil para establecer y controlar.
- USO El número de horas, litros, kilogramos, piezas u otra unidad de medición en las inspecciones, requiere que alguna rutina sea establecida para obtener la lectura y medición de los parámetros.

4. Plan de implementación.

Hasta este punto solo hemos mencionado toda la información de un programa dedicado al mantenimiento preventivo manual o computarizado.

Cualquier buen sistema de mantenimiento preventivo necesita de esta información y casi cualquier sistema podría hacer buen uso de este frente final de trabajo. Una vez reunido y organizado el trabajo es simple el resto.

Esto por supuesto no es una rutina pequeña pero es donde realmente la fase de implementación comienza.

No debe usted omitir la necesidad de la utilización del factor humano, usted sabe mejor que nadie de las capacidades de su personal en relación al mantenimiento, inspecciones y rutinas, por lo que seguramente necesitara diseñar programas de capacitación tanto para operadores y técnicos.

Una vez que la información está reunida, necesitará revisar la prioridad para comenzar la operación. Deben existir varios reportes que le permiten este tipo de revisión pero el primero a revisar es el programa maestro de mantenimiento preventivo.

Un reporte así, prevé un buen panorama de todos los equipos con registro de mantenimiento preventivo y permite una selección completa y capacidad de ordenamiento para la impresión o elaboración de las órdenes de trabajo, de acuerdo los requerimientos.

Puede también utilizar una gráfica de carga de trabajo. La idea principal es observar las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo con una prioridad definida, y aquellos M.P's que no se han generado todavía, con un abanderamiento, como la fecha de su generación para su fácil detección.

Con estos dos reportes, el programa maestro de MP y la gráfica de carga de trabajo le serán útiles una vez que haya generado las órdenes de trabajo del mantenimiento preventivo y necesite ajustar la carga de trabajo, proporcionándole también la predicción del MP antes de que se genere y hacer los ajustes necesarios, inclusive a las necesidades de producción de la disponibilidad de maquinaria y equipos.

Para ajustar la carga de trabajo del mantenimiento preventivo antes de la generación, necesitará usar una opción de cambios en su programa de mantenimiento preventivo y asignar los datos a los registros maestros con el fin de generarlos sobre los datos que desea.

Una vez que todos los ajustes se hayan hecho, estará listo para generar su primer listado de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo; en un sistema computarizado, esto es básicamente un proceso automático. Todo lo que necesita es dar la instrucción de generación, una vez generado, cualquier ajuste fino puede ser realizado, a través de la característica de programación de órdenes de trabajo.

Cuando se tiene todo como se requiere, estará listo para generar los programas y despachar las órdenes de trabajo.

5. Medición de resultados y establecimiento de nuevas metas.

Es éste un punto muy importante y el más comúnmente pasado por alto en el plan de mantenimiento preventivo.

Muchos programas de mantenimiento preventivo bien planeados fallarán debido a que este paso es dejado fuera del plan. Si usa un sistema computarizado, no hay ninguna razón para pasar por alto

esta función. Una base de datos electrónica proporciona muchos reportes que pueden ser usados para medir el funcionamiento. El truco real es poner los puntos de referencia para obtener los parámetros a medir. Algunos ejemplos:

- ¿Cuántas órdenes de trabajo de emergencia o urgentes emitieron durante el mes?
- ¿Cuál es el gasto mensual en mano de obra y materiales por reparaciones en mantenimiento?
- ¿Cuántos equipos tiene con problemas crónicos?
- ¿Cuál es su nivel corriente de actividad de mantenimiento preventivo en relación con la actividad total de órdenes de trabajo dentro de mantenimiento?
- ¿Cuál es el valor corriente de su inventario y cuál ha sido el promedio en los últimos seis meses?

Existen muchos reportes más, sin embargo estos pueden darle algunas ideas. Todas estas preguntas pueden ser contestadas con los reportes estándar. Realizar mediciones una vez al mes es más que recomendable.

Revisión del plan.

Recuerde, haga de su programa de mantenimiento preventivo un programa activo, revisando su plan constantemente, cada vez que obtenga los reportes del progreso debe revisar y ajustar su plan.

Por ejemplo: Si un equipo en particular se muestra en la lista cada vez que consulta el reporte resumen de costos por equipo, revise el programa de mantenimiento preventivo para ese equipo y si es posible, haga ajustes en el MP que reduzcan la cantidad de reparaciones de mantenimiento (Correctivo) que tiene que realizar a este equipo. Para ello debe poner particular atención en este equipo, puede ser que su programa o el trabajo técnico no estén siendo efectivos.

Si su programa no parece avanzar, a través de las metas que propuso, entonces ajuste sus metas, conduciendo una revisión detallada de todos los programas y realice los ajustes necesarios para llevar su programa por un buen camino.

Si sólo adiciona un poco de las recomendaciones -no espere poder ejecutar su plan de mantenimiento preventivo en forma correcta-, por otra parte, no podrá prever todos los imponderables; digamos que cada vez que cambie el programa de producción su plan de mantenimiento preventivo necesitará algunos ajustes.

Como un ejemplo: El programa de MP cuando la maquinaria y equipos están bajo una producción máxima es totalmente diferente al programa que se ejecuta cuando la producción es baja. **(Sima, (s.f.))**

E. Confiabilidad Operacional.

La confiabilidad de un sistema o un equipo, es la probabilidad que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función. El fin último el Análisis de confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactiva y correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas que dependan de análisis objetivos, situación actual e historial de equipos y permitan un adecuado control de costos.

La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial. La Confiabilidad Operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional. **(Espinosa, (s.f.))**

Es importante, puntualizar que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros

operativos: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confianza de los equipos; sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo. Estos cuatro elementos se muestran en la Figura N° 04.

La confiabilidad en mantenimiento se estudia como la probabilidad que un equipo sobreviva sin fallas un determinado período de tiempo bajo determinadas condiciones de operación.

Sin embargo esta definición no demuestra en realidad todos los alcances que conlleva. La confiabilidad es más que una probabilidad; es una nueva forma de ver el mundo, en realidad es una cultura que debe implementarse a todos los niveles de la industria desde la alta dirección hasta el empleado de más bajo nivel. La confiabilidad como cultura busca que todas las actividades de producción y en general todas las tareas se efectúen bien desde la primera vez y por siempre; no se acepta que se hagan las cosas precariamente o a medias.

Figura N° 04: Factores de la confiabilidad operacional



Fuente: Espinosa, (s.f.)

Esto implica un cambio en la mentalidad de todo el personal de la planta, nuevas formas de pensar y actuar, nuevos paradigmas; por esto es de radical importancia que la dirección de la empresa tome conciencia de la nueva situación y de su dificultad de conseguirla.

Inculcar un cambio en la forma de pensar no es sencillo, cuesta gran cantidad de trabajo y tiempo; la dirección debe enfocar sus esfuerzos en la formación de sus empleados mediante políticas que permitan la participación del personal en planes de mejoramiento continuo de procesos, círculos de participación y demás elementos que persigan alcanzar los objetivos propuestos. **(Espinosa, (s.f.))**

1. Aplicación de la Confiabilidad Operacional

Las estrategias de Confiabilidad Operacional se usan ampliamente en los casos relacionados con:

- Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos e instalaciones industriales.
- Solución de problemas recurrentes en los activos fijos que afecten los costos y la efectividad de las operaciones.
- Determinación de las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, equipos e instalaciones y medio ambiente.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.
- Determinar el alcance y frecuencia óptima de paradas de planta.

La Confiabilidad Operacional impulsa el establecimiento de tecnologías que faciliten la optimización industrial, entre las cuales se pueden destacar:

- Modelaje de sistemas, en la confiabilidad operacional se gasta a nivel de elementos (equipos, procesos y clima organizacional) y se recibe beneficios a nivel de planta.
- Confiabilidad Organizacional, llamada también en forma sesgada error humano siendo este el ancla más fuerte.
- Gestión del Conocimiento, valor agregado de nuevas prácticas y conocimientos, a través de mediciones sistémicas, bancos de datos, correlaciones, simulaciones, minería de datos y estadísticas.

- Manejo de la incertidumbre, a través del análisis probabilístico de incertidumbre y riesgo asociado.
- Optimización Integral de la Productividad, a través de pruebas piloto en seguridad y confiabilidad desde el diseño.

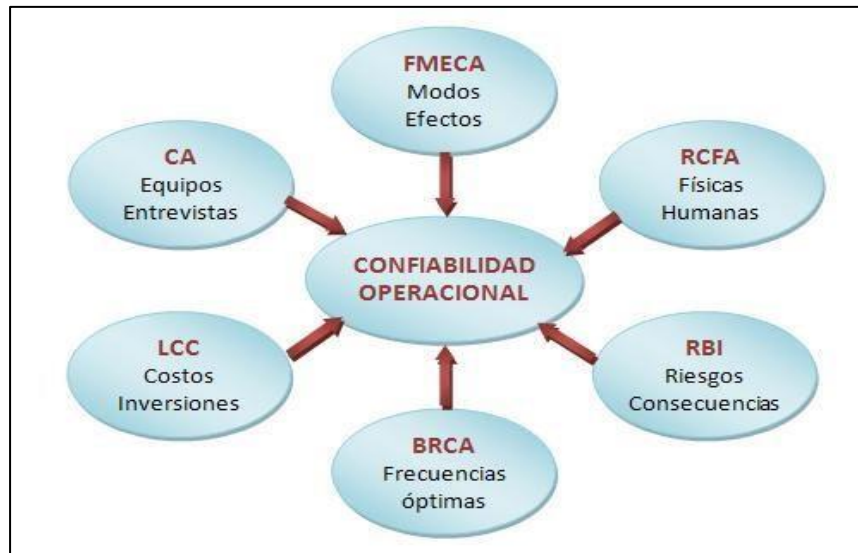
2. Herramientas de la Confiabilidad Operacional. (Espinosa, (s.f.))

La confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento del activo de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación que se requieren, para asegurar su integridad y continuidad operacional.

Son múltiples las herramientas de que se sirve la confiabilidad con el fin de formular planes estratégicos para lograr la excelencia en las actividades e mantenimiento. Las seis herramientas que se muestran a continuación son las más utilizadas:

- **Análisis Causa Raíz (RCFA):** Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.
- **Inspección Basada en Riesgos (RBI):** Es una técnica que permite definir la probabilidad de falla de un equipo o sistema, y las consecuencias que las fallas pueden generar sobre la gente, el ambiente y los procesos.
- **Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA):** Es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y lo logros o beneficios que la actividad genera, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal actividad.

Figura N° 05: Herramientas para la confiabilidad operacional



Fuente: Espinosa, (s.f.)

2. Logística

A. Definición de logística

En esencia, la logística consiste en planificar y poner en marcha las actividades necesarias para llevar a cabo cualquier proyecto.

Desde el punto de vista empresarial, la logística se refiere a la forma de organización que adoptan las empresas en lo referente al

aprovisionamiento de materiales, producción, almacén y distribución de productos. **(Mora, 2010)**

B. Importancia de la logística.(Abraham,2005)

La importancia de la logística viene dada por la necesidad de mejorar el servicio a un cliente mejorado la fase de mercadeo y transporte al menor costo posible algunas de las actividades que puede derivarse de la gerencia logística en una empresa son las siguientes :

- a) Aumento de líneas de producción.
- b) La eficiencia en producción, alcanzar niveles altos.
- c) La cadena de distribución debe mantener cada vez menos inventarios.
- d) Desarrollo de sistemas de información.

Esta pequeña mejoras en una organización traerán los siguientes beneficios.

- Incrementar la competitividad y mejorar la rentabilidad de las empresas para acometer el reto de la globalización.
- Optimizar la gerencia y la gestión logísticas comercial nacional e internacional.
- Aplicación de la visión gerencial para convertir a la logística en un modelo un marco un mecanismo de planificación de las actividades internas y externas de la empresa.
- La definición tradicional de logística afirma que el producto adquiere su valor cuando el cliente recibe en el tiempo y en la forma adecuada al menor costo posible. **(Abraham,2005)**

C. Funciones de la logística.

En todo proceso logístico existen cuatro funciones básicas relacionadas al buen desempeño de un plan logístico.

- a) La gestión del tráfico transporte se ocupa del movimiento físico de los materiales.
- b) La gestión del inventario conlleva la responsabilidad de la calidad

y surtido de materiales de que se ha de disponer para cubrir las necesidades de producción y demanda de los clientes.

- c) La gestión de la estructura de la planta consiste en una planificación estratégica del número, ubicación, tipo y tamaño de las instalaciones de distribución. (almacén, centros de distribución e incluso de las plantas).
- d) La gestión de almacenamiento y manipulación de materiales se ocupa de la utilización eficaz del terreno destinado a inventario y de los medios manuales mecánicos y o automatizados para la manipulación física de los materiales. **(Abraham,2005)**

D. Ventajas y Desventajas de la logística

A continuación se muestra en el cuadro N° 03, las ventajas y desventajas de la logística:

Cuadro N° 03: Las ventajas y desventajas de la logística

Ventajas	Desventajas
-----------------	--------------------

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coordinación con los proveedores. ✓ Mejora la rotación de los inventarios. ✓ Servicio o producción más seguro. ✓ Reduce costos de los productos en el punto de venta. ✓ Ahorro en embalaje y manipulación de inventarios 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ubicación de las dependencias logísticas en la organización. ✓ Excesiva influencia del gerente de logística. ✓ Excesiva influencia de producción. ✓ Toma de decisiones apresuradas o interesadas. ✓ Costos de capacitación de personal. ✓ Requiere de inversiones elevadas. ✓ Pueden colapsar varias áreas dentro de la empresa.
---	--

Fuente: Agudelo, (s.f.)

E. Sistema Logístico de una empresa. (Udima (s.f.))

El concepto moderno de logística que se aplica en las organizaciones actuales, viene caracterizado por jugar un papel protagonista en el plano de integración de las actividades del sistema técnico-productivo, cuyo máximo exponente tiene que ver con el aseguramiento de un flujo que se dirige a suministrar al cliente los productos y servicios demandados teniendo en cuenta su solicitud desde el mismo momento que surge la necesidad, eso sí, cumpliendo con los estándares de calidad y los costes que se está dispuesto a pagar. De esta forma, se centra su actividad en la coordinación de las actividades para asegurar un flujo que garantice un alto nivel de servicio al cliente y de optimización de recursos en la dirección de operaciones.

El sistema logístico se basa en su concepción original, en la interrelación de subsistemas como: logístico de abastecimiento (gestión de stock, gestión de compras, gestión de almacenes), logística de planta y logística de distribución.

F. Administración Logística (Salazar, B. (s.f.))

La logística basa su gestión sobre los sistemas de logística, subsistemas y actividades logísticas contenidas en la cadena de suministros integrando a toda la empresa con el propósito de controlar dichos sistemas para que tengan la capacidad de proveer a sistemas empresariales u organizaciones, basándose en sus necesidades sobre las tres cantidades fundamentales del universo: materia, energía e información, que se reflejan a través de bienes y servicios. La Administración Logística se divide en:

1. Gestión de Compras:

La gestión de compras inicia con el conocimiento claro de la cultura corporativa de la empresa compradora, definida en la misión, visión y valores.

Lo anterior, atendiendo al fin concreto de la gestión de compras consistente en cubrir las necesidades de la empresa con elementos exteriores a la misma, “maximizando el valor del dinero invertido” (criterio económico), pero este objetivo de corto plazo debe ser compatible con la contribución de compras en “armonía” con el resto de los Departamentos, bien sea coyunturales (mejora de las utilidades) o estratégicos (mejora de la posición competitiva). Para ello debe:

- Disminuir el costo total que representan las compras.
- Reducir los costos operacionales en Compras.
- Disminuir los costos relacionados con las existencias.

2. Gestión de Almacén:

La gestión de almacenes se define como el proceso de la función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados. La gestión de almacenes tiene como objetivo optimizar un área logística funcional que actúa en dos etapas de flujo como lo son el abastecimiento y la distribución física, constituyendo por ende la gestión de una de las actividades más importantes para el funcionamiento de una organización.

El objetivo general de una gestión de almacenes consiste en garantizar el suministro continuo y oportuno de los materiales y medios de producción requeridos para asegurar los servicios de forma ininterrumpida y rítmica.

Describir la importancia y los objetivos de una gestión dependen directamente de los fundamentos y principios que enmarcan la razón de ser de la misma, sin embargo tal como lo observamos en la gráfica anterior sobre el "debe ser almacenado" quien formula las cuestiones de fundamento y principio es la gestión de inventario o existencia, y en estas se basa la gestión de almacenes para tener una gran importancia y unos claros objetivos.

Los objetivos que debe plantearse una gestión de almacenes son:

Cuadro N° 04: Objetivos de la gestión de almacenes

Objetivos
Rapidez de entregas
Fiabilidad
Reducción de costes
Maximización del volumen disponible
Minimización de las operaciones de manipulación y transporte

Fuente: Salazar, B. (s.f.)

y los beneficios (que justifican su importancia) son:

Cuadro N° 05: Beneficios de la gestión de almacenes

BENEFICIOS
Reducción de tareas administrativas
Agilidad del desarrollo del resto de procesos logísticos
Optimización de la gestión del nivel de inversión del circulante
Mejora de la calidad del producto
Optimización de costes
Reducción de tiempos de proceso
Nivel de satisfacción del cliente

Fuente: Salazar, B. (s.f.)

Las funciones de un almacén dependen de la incidencia de múltiples factores tanto físicos como organizacionales, algunas funciones resultan comunes en cualquier entorno, dichas funciones comunes son:

- Recepción de Materiales.
- Registro de entradas y salidas del Almacén.
- Almacenamiento de materiales.
- Mantenimiento de materiales y de almacén.
- Despacho de materiales.
- Coordinación del almacén con los departamentos de control de inventarios y contabilidad.

3. Gestión de Inventarios (Debitoor, (s.f.)).

La gestión de inventarios se incluye dentro de la rama de la contabilidad de costes y se define como la administración adecuada del registro, compra, salida de inventario dentro de la empresa. Una empresa suele mantener un número mínimo de stock para hacer frente a aumentos de demanda, de la misma forma que también tiene que disponer del material necesario para continuar con la producción y que no se produzca ninguna pausa en la actividad. Pueden existir distintos

tipos de inventarios como de materias primas, productos terminados, etc.

Para la gestión de inventarios se suelen utilizar los siguientes métodos:

1. Clasificación de los artículos del almacén - clasificación ABC:

Existen múltiples métodos para poder gestionar un almacén, siendo la técnica ABC, la más utilizada y por ello la que se va a explicar en este capítulo. Por ello, parece oportuno comenzar explicando en qué consiste el mismo. El método ABC es un sistema de gestión de almacén basado en los principios de que sólo interesa un control minucioso de los productos más importantes, mientras que para los que tengan menor relevancia, bastará con una vigilancia menos rigurosa. Esta clasificación da lugar a tres categorías de artículos, A, B y C, de importancia decreciente y que permite invertir recursos de la empresa en la gestión de esos productos atendiendo a su importancia. Al analizar el sistema comprobamos que, un porcentaje de artículos representa la mayor parte de la demanda, mientras que existe otro porcentaje cuya aportación es muy pequeña en relación a la demanda total anual, es decir; que hay productos que se precisan mucho y otros que se precisan poco.

De este análisis podemos concluir que la empresa dedicará más esfuerzo a la gestión y tratamiento de artículos caros de su gama que, a los artículos con poco valor unitario (más baratos). Si se mantuviese un alto control sobre mercancías declaradas de bajo valor (por ejemplo tornillos en una ferretería), el coste de esa dedicación de control y gestión de existencias podría ser mayor que si se mantiene un nivel alto de stocks (mucha cantidad de tornillos) para evitar roturas de stocks y despreocuparnos de su control. **(Viciana, 2010)**

De esta manera, se tendrán clasificados los artículos del almacén en tres grandes grupos:

- Grupo A. Los más importantes: son los artículos que precisan mayor atención. El control de estos artículos será más estricto ya que son los que suponen una mayor inversión de capital

(gasto de dinero) por parte de la empresa. Se trata de un 20% del total de artículos del almacén, representando hasta un 75% del valor total invertido en existencias.

- Grupo B. Importancia intermedia: son artículos de coste medio, crean una inversión media de capital y por tanto su importancia es secundaria. En cifras, podemos decir que representan un 30% de los productos almacenados y su valor asciende hasta un 20% del dinero invertido.
- Grupo C. Los menos importantes: representan el resto de los artículos, los de bajo coste, los más baratos. Son productos almacenados que corresponden a menos inversiones de capital y se consideran poco importantes en la gestión del almacén. Suponen desde un 5% hasta un 10% del capital invertido en el almacén, y representan aproximadamente el 50% de los artículos almacenados. **(Viciano, 2010).**

Figura N° 06: Resumen de la clasificación ABC

CLASE	VALOR TOTAL (%)	EXISTENCIAS (% del total)
A	Desde el 30% hasta el 75%	Desde un 3% hasta un 20%
B	Desde el 20% hasta el 30%	Desde un 20% hasta un 40%
C	Desde el 5% hasta el 10%	Desde un 40% hasta un 50%

Fuente: Viciano (2010)

2. Sistemas de reabastecimiento de mercancías. (Mora, 2010)

- a) **Modelo del lote óptimo económico:** Conocido como el EOQ, este modelo es la fuente de todos los esquemas de cálculo para la compra de materias primas y de mercancías en las empresas de hoy. Parte del concepto de cubrir la demanda esperada por la compañía, los costos de gestión de las órdenes de compra y los costos del inventario. Como aspecto relevante cabe destacar que el EOQ no es un modelo que pueda cubrir las fluctuaciones presentes en las variables de la demanda y de los tiempos de entrega. Esto hace que su aplicación sea adecuada para

aquellos productos que presentan demanda estacional, con diferencias muy bajas entre los niveles reales de ventas y los pronosticados. No obstante, debido a la poca flexibilidad para manejar las variables en tiempos de entrega, se obliga a disponer de inventarios de seguridad muy alejados de los realmente requeridos; provocando inexactitud y riesgos de desabastecimiento o un sobre stock. Cualquiera de las dos situaciones representa sobre costos e ineficiencia en la operación comercial y logística de la compañía. Su cálculo es el siguiente:

$$* EOQ = 2FS / CP$$

EOQ = Cantidad económica de la orden o cantidad óptima que deberá ordenarse.

F = Costo fijo de colocar y recibir una orden.

S = Ventas anuales en unidades.

C = Costos anuales de mantenimiento, expresados como un porcentaje del valor promedio del inventario.

P = Precio de compra de los bienes; es el precio al que compra la empresa. **(Mora, 2010)**

- b) **Sistemas de revisión periódica:** A diferencia de los sistemas de punto de reorden, en los de revisión periódica los inventarios no se revisan en forma continua; se hacen revisiones en intervalos fijos y predeterminados. Los stocks de reabastecimiento que se solicitan varían. El inventario disponible se compara con el nivel deseado y la diferencia entre los dos es la cantidad requerida. Normalmente, se hacen combinaciones y variantes entre ambos sistemas acoplándose a las necesidades de cada organización. En el caso de los modelos de reaprovisionamiento periódico, la respuesta a la pregunta cuánto pedir es, aparentemente, sencilla: se lanza una orden de pedido cada cierto tiempo previamente determinado (una vez por semana o una vez por mes, por ejemplo), conocido como

período de reaprovisionamiento. La cantidad a pedir en ese momento (en inglés order Quantity) será la que restablece un cierto nivel máximo de existencias o «nivel objetivo».

Este modelo de reaprovisionamiento tiende a utilizarse cuando existen demandas reducidas de muchos artículos y resulta conveniente unificar las peticiones de varios de ellos en un solo pedido, con el fin de aminorar los costos de lanzamiento o para obtener descuentos por volumen. **(Mora, 2016)**

En la hipótesis de período de reposición nulo, el nivel objetivo de existencias sería aquel que garantiza los suministros durante la etapa de revisión. Es decir, la demanda prevista en dicho período más un stock de seguridad, asociado a dicha fase si la demanda fuera (caso real) de un tipo probabilista. La cantidad a pedir en cada uno de los momentos preestablecidos sería la diferencia entre los stocks existentes y el inventario objetivo.

Si añadimos ahora el supuesto de que el período de reposición no es nulo, al nivel objetivo antes calculado habría que sumarle la demanda prevista durante el plazo de reposición; ya que si solamente solicitamos en el momento de la revisión la diferencia entre los stocks existentes y el inventario objetivo antes definido, en el momento de la reposición del pedido, algunos días (o semanas) después, no llegaríamos a alcanzar dicha meta. En resumen tendríamos que:

Nivel objetivo = Demanda durante el lead time + Demanda durante el período de revisión + Stock de seguridad

El período de revisión suele ser fijado por razones de índole práctico, relacionadas con las pautas temporales de gestión de la empresa. Por ello, son tan frecuentes períodos de revisiones semanales, quincenales, mensuales, trimestrales, etc. Sin embargo, el establecimiento del período de revisión vale la pena relacionarlo, buscando el óptimo, con el concepto de lote económico de compra (LEQ o EOQ).

De acuerdo con este criterio, el período de revisión debería coincidir o aproximarse, en lo posible, al intervalo medio entre dos pedidos, que corresponde al lote económico de compra.

Puede suceder que el período de revisión coincida con una unidad de tiempo exacta (día, semana, mes, trimestre). Si no es así, habrá que adecuar la revisión según el buen sentido común del responsable. Muchas veces el pedido a realizar es diferente al lote económico de compra. Ello significa que los costos del inventario, cuando se utiliza el modelo de re - aprovisionamiento periódico, suelen ser superiores a los del modelo de aprovisionamiento continuo (conclusión evidente); y sólo aplicaremos el modelo de reaprovisionamiento periódico cuando sea muy difícil o caro realizar el seguimiento continuo de los stocks; o cuando surjan economías de escala al hacer simultáneamente pedidos de múltiples referencias. **(Mora, 2010)**

- c) **Modelo de reaprovisionamiento continuo (revisión perpetua):** Es aquel en que se mantiene un registro perpetuo de los inventarios. Los registros se revisan en forma continua. Este sistema se basa en reordenar las cantidades necesarias, una vez se llegue a un punto mínimo llamado punto de reorden. Básicamente, este punto está definido y afectado por variables como: la demanda de consumo del bien; el tiempo de adelanto (lapso de entrega definido por el proveedor; línea naranja del siguiente gráfico); los agotados, y los inventarios de seguridad.
- Se entiende por inventario de seguridad la cantidad de existencias disponibles para cubrir variaciones elevadas de la demanda. Se determina en función de los consumos pronosticados; del tiempo de entrega de los proveedores; de alternativas de compra desarrolladas para cada insumo, incluyendo procesos y bienes sustitutos; y de los recursos financieros a la mano.**(Mora, 2010)**

2.3 Definición de Términos

- **Confiabilidad:** Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.
- **Cadena de suministro:** Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, distribuidores e incluso a los mismos clientes.
- **Confiabilidad:** es el grado de seguridad que un dispositivo o sistema opera exitosamente en un ambiente específico durante un cierto periodo.
- **Disponibilidad:** Capacidad de un Ítem para desarrollar su función en un determinado momento, o durante un determinado período de tiempo, en unas condiciones y con un rendimiento definidos. La disponibilidad operacional puede determinarse a partir del tiempo de carga menos el tiempo de paradas dividido entre el tiempo de carga.
- **Eficiencia:** Es el logro satisfactorio de resultados obtenido a través del máximo rendimiento y la mejor utilización de los recursos.
- **Falla:** Deterioro o daño presentado en una de las piezas de una máquina el cual produce trastorno en su funcionamiento.
- **Gestión de mantenimiento:** Actuaciones con las que la dirección de una organización de Mantenimiento sigue una política determinada.
- **Inventarios:** Conjunto de mercancías o artículos acumulados en el almacén en espera de ser vendidos o utilizados en el proceso productivo. También se denomina inventario a toda relación ordenada y cifrada de los bienes de una persona o entidad, en la que se incluyen no sólo los stocks o inventarios en sentido estricto, sino cualquier otra clase de bienes, y también al documento en el que se contiene dicha relación.
- **Mantenimiento Correctivo:** es aquel mantenimiento que corrige los defectos observados, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías y corregirlos o repararlos.

- **Mantenimiento Preventivo:** es el mantenimiento preventivo destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garantice su buen funcionamiento y confiabilidad.
- **Mantenimiento:** Conjunto de acciones que permiten mantener o establecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado.
- **Maquinaria:** conjunto de máquinas que realizan trabajos para una misión o fin.
- **Parada:** Interrupción ocasionada por fallas presentadas en las máquinas que conforman un proceso de producción.
- **Proveedores:** Un proveedor puede ser una persona o una empresa que abastece a otras empresas con existencias (artículos), los cuales serán transformados para venderlos posteriormente o directamente se compran para su ventas. Estas existencias adquiridas están dirigidas directamente a la actividad o negocio principal de la empresa que compra esos elementos.
- **Reparación:** Conjunto de actividades orientadas a restablecer las condiciones normales de operación de una máquina.
- **Sistema:** Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo.
- **Stock de seguridad:** es un término utilizado en logística para describir el nivel extra de stock que se mantiene en almacén para hacer frente a eventuales roturas de stock.
- **Tiempo promedio entre fallas MTBF:** Promedio del tiempo entre fallas, de un sistema. Es parte de un modelo que asume que el sistema fallido se repara inmediatamente (tiempo transcurrido cero) como parte de un proceso de renovación.
- **Tiempo promedio para reparación MTTR:** periodo en el cual se puede reparar un equipo hasta llevarlo a su estado de operación.

CAPÍTULO 3
DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD
ACTUAL

3.1 Descripción general de la empresa

3.1.1 Transportes Rodrigo Carranza S.A.C.

Grupo TRC es el resultado final de la unión de reconocidas empresas especializadas en el servicio de transporte pesado terrestre y almacenamiento de productos.

Todo comenzó hace más de medio siglo, cuando Transportes Rodrigo Carranza SAC, empresa líder en transporte terrestre de carga a nivel nacional, inicia sus operaciones comerciales en el mes de junio de 1949. Con el correr del tiempo, apelando a las crecientes necesidades del mercado y a la solidez y prestigio ya alcanzados, tuvo que ampliar sus servicios al de embarque y desembarque de navíos, alquiler de maquinaria pesada, equipo de movimiento de tierras y almacenamiento de mercaderías, marcando así el nacimiento de Almacenera Trujillo SAC, empresa que brinda servicios de almacenaje y pesaje en balanza electrónica.

Nuestra experiencia y capacidad respaldadas por más de medio siglo de trabajo y crecimiento constante son la mejor garantía de la calidad de nuestro servicio, virtud que comparten estas dos tradicionales empresas trujillanas, y a las que recientemente se suma TRC Express, empresa que nace para cubrir el servicio de transporte interprovincial de pasajeros, pero siempre con un concepto distinto y superior al conocido comúnmente.

Somos actualmente uno de los grupos empresariales más sólidos y confiables de la región, pues contamos con un equipo de profesionales conocedores del transporte a todo nivel, conformando equipos que satisfacen las demandas de los diferentes sectores económicos como minero, construcción, energía, alimentarios, agroindustrial y pesquero.

Somos testigos de la importancia del transporte en el desarrollo de nuestro país, habiendo sido este nuestro punto de partida para la conformación del Grupo Empresarial Anselmo Carranza, que nace para brindar uno de los más completos servicios. Nos ocupamos desde la recepción de su carga, hasta su traslado, conservación del producto y entrega final. Somos los

especialistas en transporte y almacenaje, y con quienes usted puede también viajar. No defraudaremos su confianza.

Figura N° 07: Fotos de la empresa



Fuente: T.R.C. S.A.C.

3.1.2 Datos

Cuadro 06: Datos de la empresa

DATOS DE LA EMPRESA	
RUC:	20132062448
Razón Social:	TRANSPORTES RODRIGO CARRANZA S.A.C.
Nombre Comercial:	Trc
Tipo Empresa:	Sociedad Anonima Cerrada
Condición:	Activo
Fecha Inicio Actividades:	02 / Junio / 1972
CIU:	6023
Página web:	http://www.trc.com.pe
Gerente General:	Carranza Torres Anselmo Javier

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Ubicación de la Empresa:

- Dirección Legal: Car. Panamericana Norte Km. 562 Z.I. Parque Industrial
(Frente Carretera Panamericana Norte Zona Barrio Nue)
- Distrito / Ciudad: Moche
- Provincia: Trujillo
- Departamento: la Libertad, Perú

3.1.4 Misión y visión

3.1.4.1 Misión

“Brindar el mejor servicio de almacenaje, transporte y distribución de mercadería a nivel nacional e internacional, operando con responsabilidad, seguridad, rapidez, respeto y calidad.”

3.1.4.2 Visión

“Ser la empresa líder de almacenaje y distribución, convirtiéndonos en su mejor soporte en la cadena logística del mercado nacional e internacional, con la mejora constante de la calidad de sus servicios”

3.1.5 Principales clientes

A continuación se detallan algunos de sus principales clientes a los que la empresa les provee sus servicios.

Cuadro N° 07: Clientes T.R.C. S.A.C.

N°	CLIENTES PRINCIPALES
1	CORPORACION AZUCARERA DEL PERU S.A
2	GOLD FIELDS LA CIMA S.A
3	CHIMU AGROPECUARIA S.A.
4	TECNICA AVICOLA S.A
5	MOLINOS & CIA. S.A.
6	YARA PERU S.R.L.
7	AVICOLA YUGOSLAVIA S.A.C.
8	MILPO ANDINA PERU S.A.C.
9	MOLINO LA PERLA S.A.C.
10	GAVILON PERU S.R.L
11	DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO S.R.LTDA.
12	CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
13	MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A
14	SOLGAS S.A
15	LIMA GAS S.A.
16	ALICORP S.A.A.
17	CARTAVIO S.A.A.
18	EMPRESA SIDERURGICA DEL PERU S.A.A.
19	COMPAÑIA MINERA ATACUCHA S. A. A.
20	COGORNO S.A.
21	VITAPRO S.A.
22	CASA GRANDE S.A.A.

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Proveedores

A continuación en el cuadro N° 08 se muestra el diagrama PEPSU de la empresa T.R.C. S.A.C., con la finalidad de detallar los proveedores, insumos y los clientes que forman parte del proceso de las actividades que realizan.

Cuadro Nº 08: Diagrama PEPSU de la empresa T.R.C. S.A.C.

DIAGRAMA PEPSU DET.R.C S.A.C.				
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDA	USUARIO
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS SAN JORGE S.R.L	COMBUSTIBLE	REQUERIMIENTO DE TRANSPORTE	CARGA ENTREGADA A TIEMPO EN EL LUGAR INDICADO	YARA PERU S.R.L.
REPRESENTACIONES GENERALES PERU S.A.				AVICOLA YUGOSLAVIA S.A.C.
REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.				MILPO ANDINA PERU S.A.C.
REPUESTOS PARA UNIDADES DIESEL IMPORTACIONES S.A.C.	REPUESTOS	PROGRAMACION		MOLINO LA PERLA S.A.C.
REPUESTOS SANTA ANA SRL	ACCESORIOS	CARGA Y DESPACHO		GAVILON PERU S.R.L
REPUESTOS SANTA MONICA S.A.C.				DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO S.R.LTDA.
REPUESTOS Y ACCESORIOS R & R S.A.C				CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
REPUESTOS Y SERVICIOS ELECTRICOS ANGULO				EPPS
REPUESTOS Y SERVICIOS ELECTRICOS DIESEL AUTOMOTRIZ EIRL	LLANTAS	DESCARGA		SOLGAS S.A
RI-CAR AUTOBOUTIQUE SAC				LIMA GAS S.A.
ROCA PE SERVICIOS E.I.R.L				ALICORP S.A.A.
SAGA FALABELLA S.A				OTROS.

Fuente: Elaboración propia

3.1.6 Competidores

A continuación se muestran los competidores más representativos de la empresa Transportes Rodrigo Carranza S.A.C

Cuadro N° 09: Competidores de T.R.C. S.A.C.

N°	PRINCIPALES COMPETIDORES
1	EMPRESA DE TRANSPORTES DIAZ SRL
2	RANSA COMERCIAL S A
3	AREQUIPA EXPRESO MARVISUR EIRL
4	TRANSPORTES 77 S.A.
5	CORPORACION PETROLERA S.A.C.
6	APM TERMINALS INLAND SERVICES S.A.

Fuente: Elaboración propia

3.1.7 Maquinarias y equipos

Actualmente la empresa T.R.C. S.A.C cuenta con 414 unidades de transporte de carga pesada. Entre las marcas de estas unidades tenemos Freightliner, Mack, Kenworth y Volvo. Así como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 10: Unidades de transporte de T.R.C. S.A.C.

MARCA	N°
Freightliner	56
Mack	109
Kenworth	161
Volvo	88
Total	414

Fuente: Elaboración propia

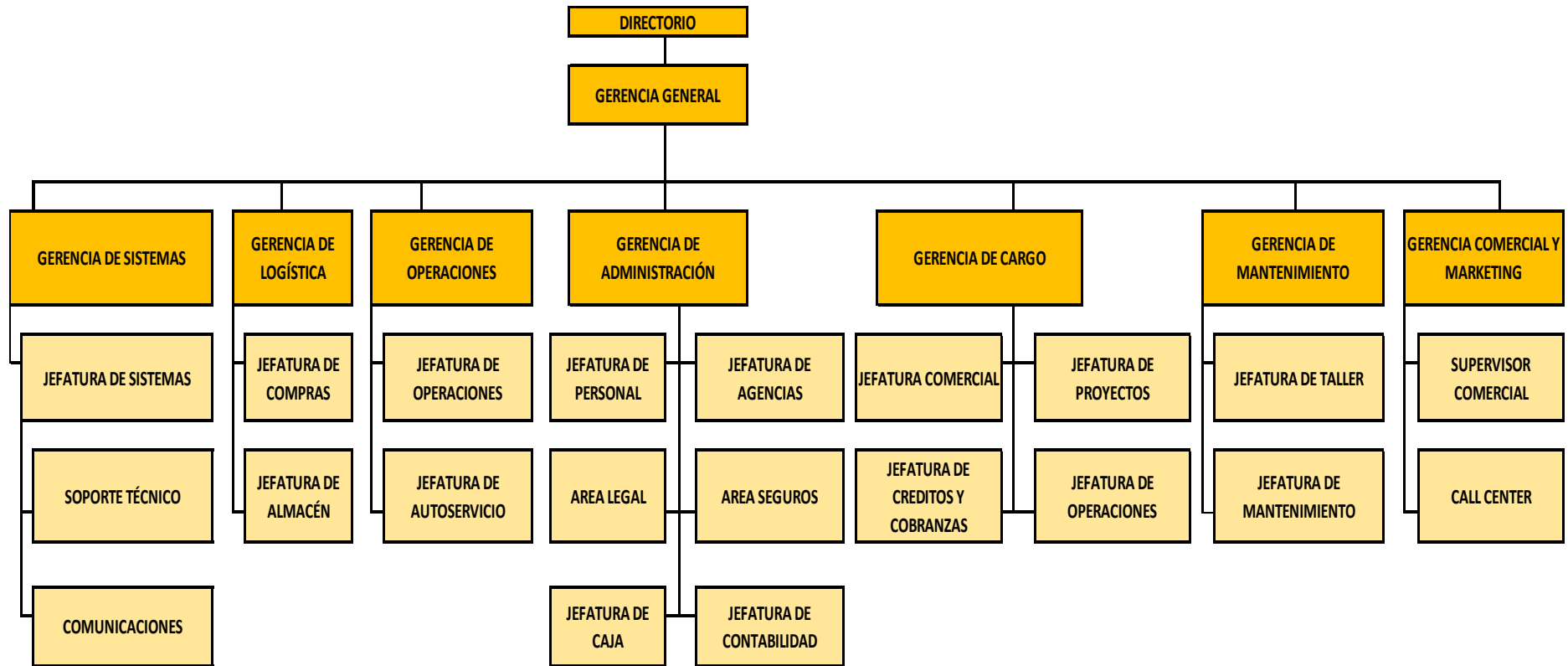
3.1.8 Servicios que brinda

Actualmente la empresa cuenta con más de 60 años de experiencia y entre los servicios que ofrece tenemos: pesado a granel, carga convencional, carga líquida y de gases, cargas especiales y materiales y residuos peligrosos.

3.1.9 Organigrama de la empresa

A continuación se muestra el organigrama de la empresa T.R.C S.A.C.

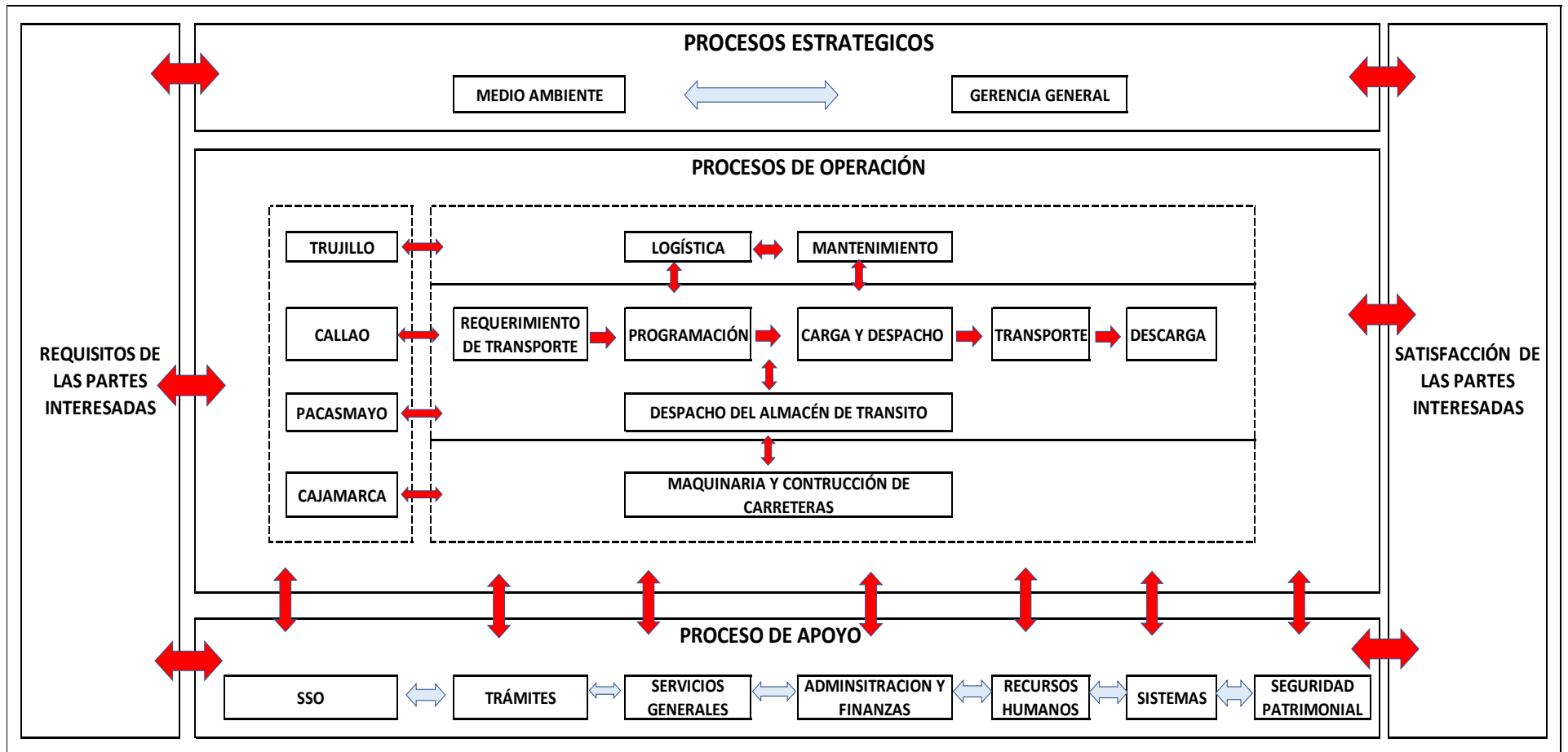
Figura N° 08: Organigrama de T.R.C. S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

3.1.10 Mapa de procesos de la empresa

Figura N° 09: Mapa de proceso de la empresa T.R.C. S.A.C.



Fuente: Elaboración propia

3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis.

Las áreas en donde se llevara a cabo el presente estudio son: Mantenimiento y Logística.

Actualmente el área de mantenimiento, aplica el mantenimiento preventivo y correctivo, pero a pesar de ello, esta área ha presentado diversos problemas de los cuales podemos mencionar lo siguiente: La falta de mantenimiento preventivo en las unidades, desconocimiento de las fallas críticas, falta de equipos y herramientas adecuados, falta de procedimientos, y la falta de capacitación.

Y en el área logística se da una mala gestión, cuando se tiene que entregar los repuestos, porque no tienen un proceso de selección y evaluación de proveedores y no se conoce cuáles son los repuestos críticos para el área de mantenimiento y adicional a esto se desconoce cuál es la cantidad de repuestos que deben de tener en el almacén, para atender los requerimientos del área de mantenimiento.

Figura N°10: Foto del área de mantenimiento



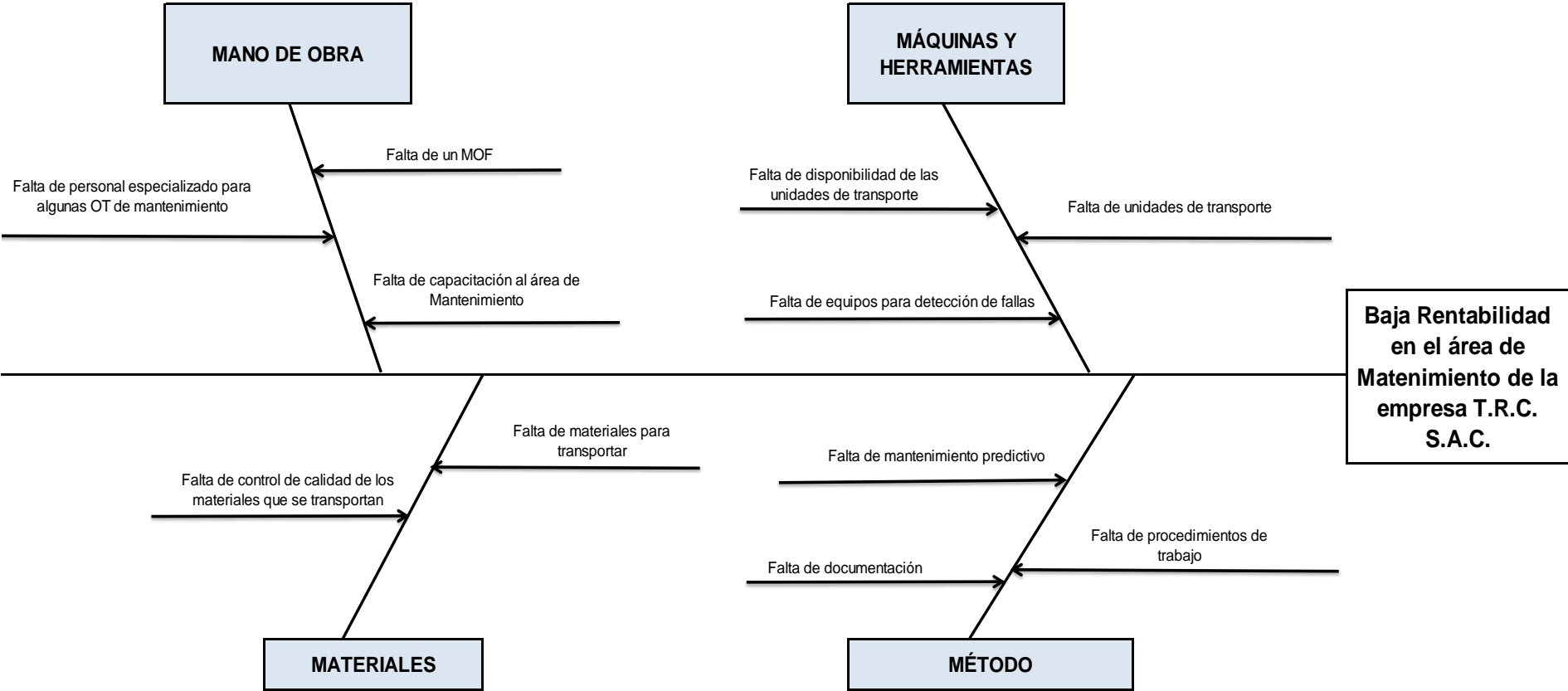
Fuente: Elaboración propia

3.3 Identificación del problema e indicadores actuales

3.3.1 Diagrama de Ishikawa

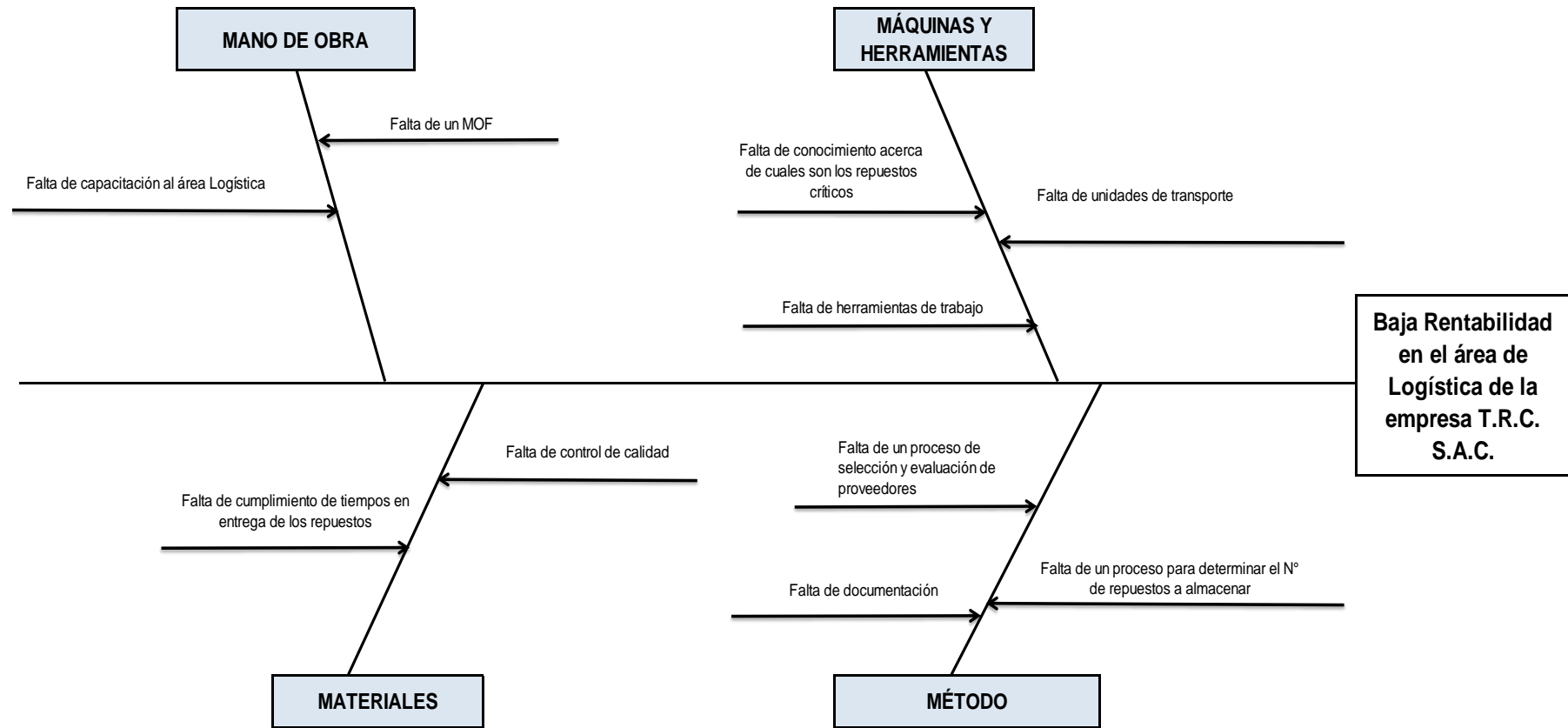
Se determinó en el diagrama Ishikawa para las áreas de Mantenimiento y Logística

Figura N° 11: Causas de la baja rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C. por Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12: Causas de la baja rentabilidad de la empresa T.R.C S.A.C. por Logística



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Matriz de priorización

Se evaluaron las causas mediante encuestas (Ver anexo N° 01 y anexo N° 02) para determinar las causas raíces.

Cuadro N° 11: Matriz de priorización para el área de Mantenimiento

ENCUESTADOS \ CR	RESULTADOS										
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10	CR11
	Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento	Falta de un MOF	Falta de capacitación al área de Mantenimiento	Falta de disponibilidad de las unidades de transporte	Falta de equipos para detección de fallas	Falta de unidades de transporte	Falta de control de calidad de los materiales que se transportan	Falta de materiales para transportar	Falta de mantenimiento predictivo	Falta de procedimientos de trabajo	Falta de documentación
Jefe de mantenimiento	3	0	2	3	3	1	0	0	3	0	0
Ayudante	3	0	3	3	3	1	0	1	3	1	1
Llantero	3	1	2	3	3	1	0	1	3	0	1
Mecánico 1	3	1	2	3	3	2	0	1	3	1	1
Mecánico 2	3	1	2	3	2	1	1	1	3	0	1
Mecánico 3	3	1	2	3	3	2	1	1	3	0	0
Mecánico 4	3	1	2	3	3	1	2	1	3	1	1
Electricista 1	2	1	3	3	3	1	1	0	3	1	0
Electricista 2	3	1	2	3	3	1	0	1	3	1	1
Calificación total	26	7	20	27	26	11	5	7	27	5	6

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 12: Matriz de priorización para el área de Logística

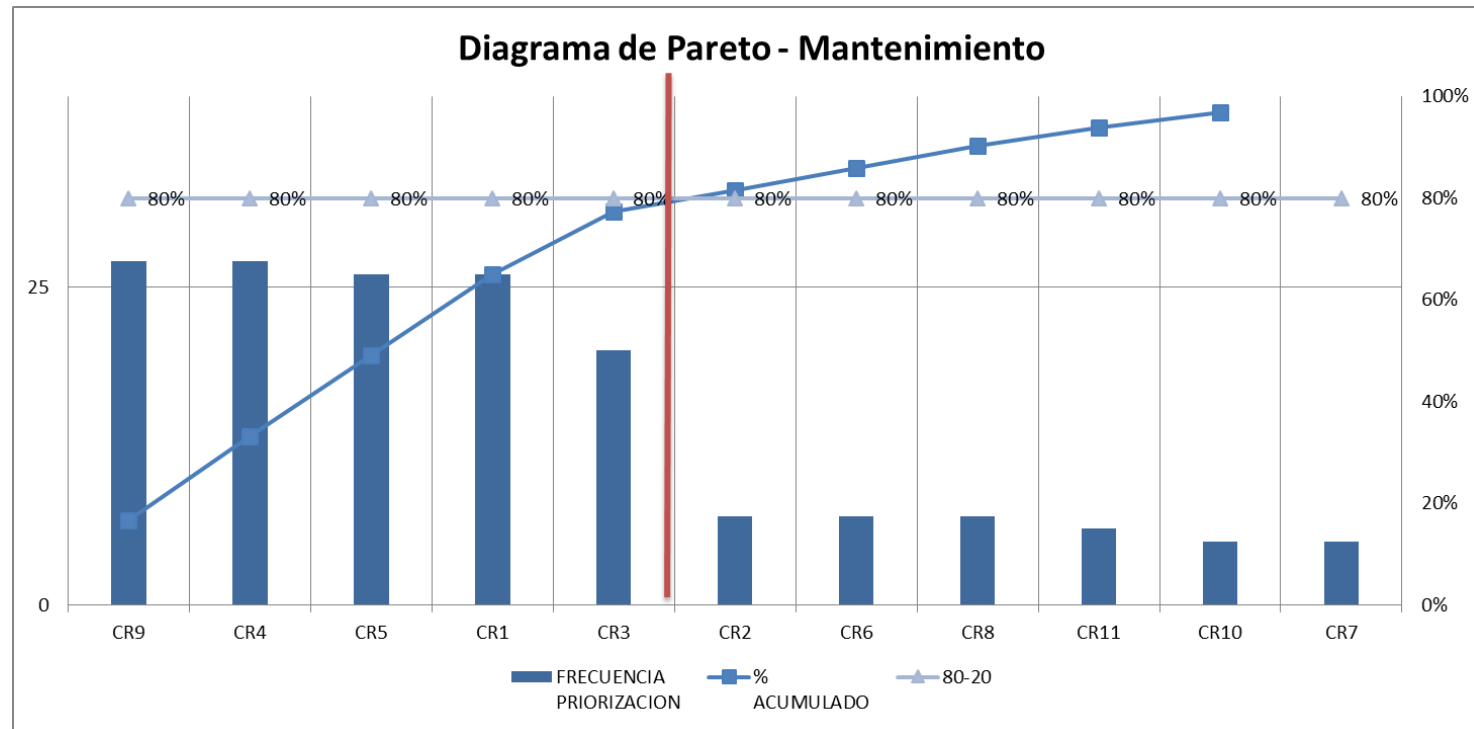
ENCUESTADOS \ CR	RESULTADOS									
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10
	Falta de capacitación al área Logística	Falta de un MOF	Falta de conocimiento acerca de cuales son los repuestos críticos	Falta de herramientas de trabajo	Falta de unidades de transporte	Tiempos de demora en la entrega de repuestos para las reparaciones	Falta de control de calidad	Falta de un proceso de selección y evaluación de proveedores	Falta de un proceso para determinar el N° de repuestos a almacenar	Falta de documentación
Jefe de Logística	3	1	3	1	0	3	0	3	3	1
Almacenero 1	2	1	3	1	1	3	1	3	2	1
Almacenero 2	1	1	3	1	1	3	1	3	3	1
Jefe de compras	2	1	3	0	0	3	0	3	2	1
Asistente de Logística	1	1	2	1	1	3	1	2	3	1
Mecánico 1	2	1	3	1	0	3	1	3	2	1
Mecánico 2	3	1	2	0	1	3	1	3	3	1
Mecánico 3	3	1	3	1	1	3	1	3	3	1
Mecánico 4	3	1	3	1	0	3	1	3	3	1
Calificación total	20	9	25	7	5	27	7	26	24	9

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Pareto

Según la matriz de priorización del Cuadro N° 11, se determinó las causas más importantes y las cuales se buscarán dar solución.

Figura N° 13: Diagrama de Pareto de Mantenimiento

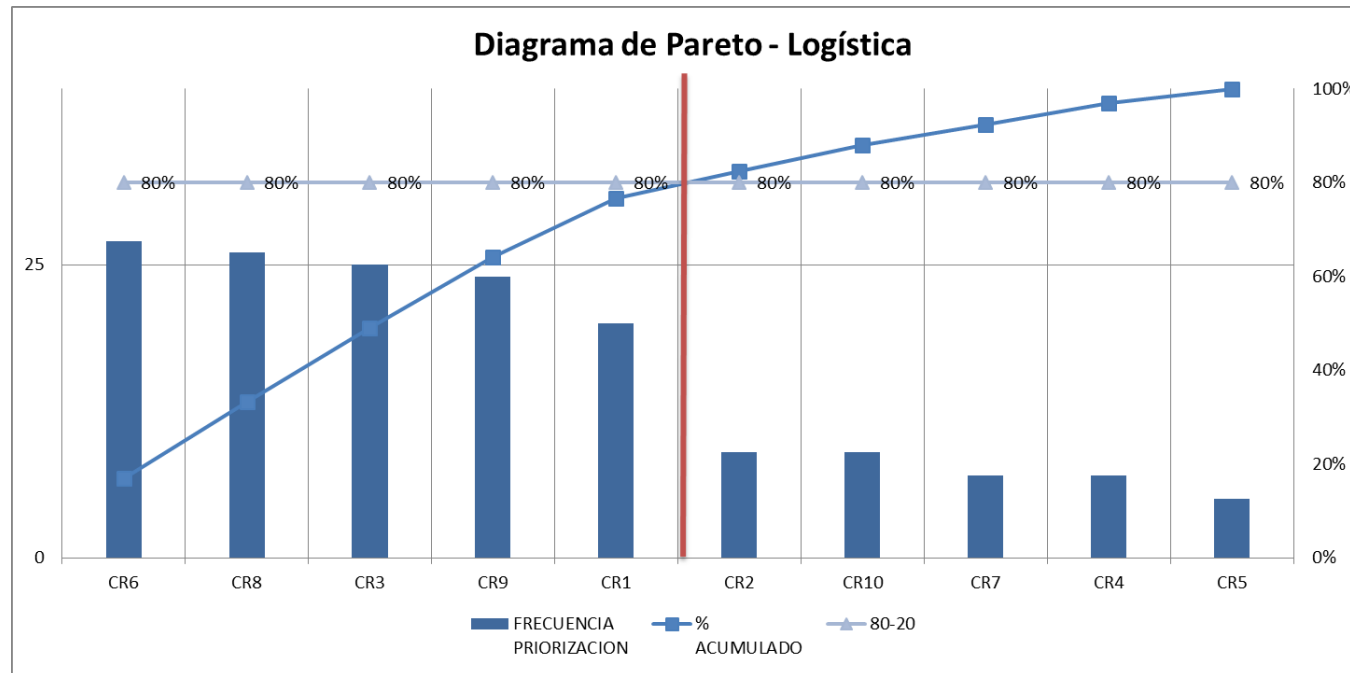


Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación se considera relevante las causas: cr9, cr4, cr5, cr1 y cr3. Por otro lado cr2, cr6, cr8, cr11, cr10 y cr11 no entran en esta clasificación.

Según la matriz de priorización del Cuadro N°12, se determinó las causas más importantes y las cuales se buscarán dar solución.

Figura N° 14: Diagrama de Pareto de Logística



Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación se considera relevante las causas: cr6, cr8, cr3, cr9 y cr1. Por otro lado cr2, cr10, cr7, cr4 y cr57 no entran en esta clasificación.

3.3.4. Indicadores actuales y metas proyectados

Cuadro N° 13: Indicadores actuales y metas

INDICADORES									
CR	Causa	Indicador	Fórmula	UND Medición	Resultado Actual	Meta	Aumento o disminución	Herramienta de mejora	
M A N T E N I M I E N T O	CR9	Falta de mantenimiento predictivo	% de OT de mantenimiento predictivo	(Horas destinadas al mantenimiento predictivo/ Horas totales de mantenimiento) x 100%	%	0%	31%	31%	Plan de mantenimiento predictivo
	CR4	Falta de disponibilidad de las unidades de transporte	Costo lucro cesante del mantenimiento correctivo	Horas de mantenimiento correctivo x Costo hora de la empresa	soles	S/. 24,083,056	S/. 21,156,368	-12%	
			Disponibilidad operacional	MTBF/(MTBF+MTTR).	%	85.3%	89%	3.18%	
			Número de fallas	N° fallas	N°	13924	12934	-7.1%	
	CR5	Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento	Costo del mantenimiento externo	Número de OT externas x costo de OT	%	S/. 10,786,785	S/. 10,440,105	-3%	
	CR1	Falta de equipos para detección de fallas	Cantidad de equipos predictivos	Número de equipos	N°	0	9.00	100%	
CR3	Falta de capacitación al área de Mantenimiento	% de capacitaciones al área de Mantenimiento	N° de capacitaciones Mantto./ N° total de capacitaciones x 100%	%	3%	7%	4%	Cronograma de Capacitación para el área de Mantenimiento	
L O G I S T I C A	CR6	Falta de cumplimiento de tiempos en entrega de los repuestos	Tiempo por demoras en la entrega de repuestos	N° de horas por las demoras	N°	18969.00	17678.40	-7%	SRM (Gestión de relaciones con los proveedores)
			Costo lucro cesante del tiempo perdido por demoras en la entrega de repuestos	Tiempo por demoras x Costo hora de la empresa	soles	S/. 3,523,954	S/. 3,278,500	-7%	
	CR8	Falta de un proceso de selección y evaluación de proveedores	% de proveedores críticos	(N° de proveedores críticos / N° de proveedores totales) x 100%	%	0%	28%	28%	
	CR3	Falta de conocimiento acerca de cuales son los repuestos críticos	% de Repuestos críticos	(N° de repuestos críticos/ N° de repuestos totales) x 100%	%	0%	31%	31%	Clasificación de los repuestos en función de la criticidad
	CR9	Falta de un proceso para determinar el N° de repuestos a almacenar	Cantidad óptima de repuestos a almacenar	N° de repuestos a tener en el año	N°	8739	6921	-21%	Gestión de inventarios
	CR1	Falta de capacitación al área Logística	% de capacitaciones al área de logística	N° de capacitaciones logís./ N° total de capacitaciones x 100%	%	1.72%	4%	3%	Cronograma de Capacitación para el área Logística

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Explicación de los resultados actuales

A continuación se detallará como se obtuvo cada valor actual de las causas raíces del cuadro N° 13.

Indicadores actuales de mantenimiento

a) Falta de mantenimiento predictivo (CR9).

En el año 2016, la empresa T.R.C. S.A.C tuvo un 0% en el número de órdenes de trabajo para la realización de mantenimiento predictivo. Sin embargo se obtuvo un total de 9747 órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo y 4177 órdenes de trabajo por mantenimiento preventivo. Así como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 14: % de OT de mantenimiento predictivo inicial

Antes de la propuesta de mejora		
Tipo de Mantenimiento	N° OT	%
Correctivo	9747	70%
Preventivo	4177	30%
Predictivo	0	0
Total	13924	

Fuente: Elaboración propia

b) Falta de disponibilidad de las unidades de transporte (CR4).

En el año 2016, la empresa T.R.C. S.A.C llegó a realizar 110244 viajes con sus 414 unidades, y dejó de atender 1536 servicios (viajes) debido a que las unidades de transporte en algunos casos se encontraban malogradas. Esto se debió a que la empresa no llegaba a su disponibilidad operacional meta actual que era de 97%, cabe mencionar que en el año 2016 la disponibilidad operacional fue de 82.8%. Es así pues que en este año se obtuvo un total de 13924 paradas de las unidades de transporte y se tuvo un Tiempo total de reparaciones (TTR) de 125749 horas, un TTF 1365373 horas, MTTR de 11 horas y un MTBF 109 de horas.

A continuación se muestra el cuadro N° 15, los indicadores iniciales donde se podrá verificar lo antes mencionado:

Cuadro N° 15: Indicadores iniciales de todas las unidades de transporte

N°	MÁQUINA	PLACA	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTRR	Disponibilidad Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
1	Freightliner	AAG788	33.52	3300	406	61	19	174	25	89.0%	87.6%	S/. 2,045	13,609.13
2	Freightliner	ALY711	100.34	1500	382	33	48	31	9	79.7%	78.3%	S/. 3,311	38,331.41
3	Freightliner	T1D835	66.75	3150	451	43	20	158	25	87.5%	86.4%	S/. 2,870	30,106.15
4	Freightliner	T1D854	42.61	7350	379	45	27	272	16	95.1%	94.5%	S/. 1,917	16,148.39
5	Freightliner	T1D862	24.74	9600	353	27	30	320	13	96.5%	96.2%	S/. 668	8,734.61
6	Freightliner	T1D871	274.41	900	440	31	43	21	11	67.2%	65.6%	S/. 8,507	120,741.25
7	Freightliner	T1D879	78.98	2850	424	53	39	73	12	87.0%	85.7%	S/. 4,186	33,489.12
8	Freightliner	T1D880	244.62	1050	361	36	44	24	9	74.4%	72.6%	S/. 8,806	88,309.53
9	Freightliner	T1D881	49.21	4950	436	56	26	190	19	91.9%	91.0%	S/. 2,756	21,455.52
10	Freightliner	T1D882	183.81	1350	425	52	48	28	10	76.1%	73.9%	S/. 9,558	78,117.76
11	Freightliner	T1D883	223.79	1050	443	65	24	44	21	70.3%	67.4%	S/. 14,546	99,138.20
12	Freightliner	T1D884	127.49	1950	383	25	46	42	9	83.6%	82.7%	S/. 3,187	48,828.75
13	Freightliner	T1D885	37.25	6600	403	37	33	200	13	94.2%	93.8%	S/. 1,378	15,010.51
14	Freightliner	T1D888	215.34	1350	445	32	37	36	13	75.2%	73.9%	S/. 6,891	95,827.91
15	Freightliner	T1D889	207.87	1200	407	47	21	57	22	74.7%	72.6%	S/. 9,770	84,601.52

Fuente: Elaboración propia

Debido a que son 414 unidades, en el cuadro anterior se mostró solo una parte de los indicadores por cada unidad, pero a continuación se muestra un resumen de los indicadores por cada marca con las que cuenta la empresa.

Cuadro N° 16: Resumen de los Indicadores iniciales de todos los equipos

N°	UNIDADES	N° de unidades	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTRR	Disponibilidad Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
1	Freightliner	56	140.34	150,750.00	22,092.00	2,391.00	1,813.00	83	14	87.2%	86.0%	S/. 344,214	S/. 3,160,801
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	94.6%	93.3%	S/. 861,793	S/. 3,351,493
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94.1%	92.9%	S/. 1,434,889	S/. 7,325,394
4	Volvo	88	218.76	291,300.00	47,319.00	4,023.00	3,096.00	94	17	86.0%	85.0%	S/. 883,057	S/. 10,245,369
	TOTAL	414	181.88	1,365,372.55	125,749.00	18,969.00	13,924.00	109	11	84.6%	82.8%	S/. 3,523,954	24,083,056

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el cuadro N° 16, se tuvo un Costo lucro cesante por tener las unidades paradas debido a mantenimiento correctivo por un total de S/.24,083,056.

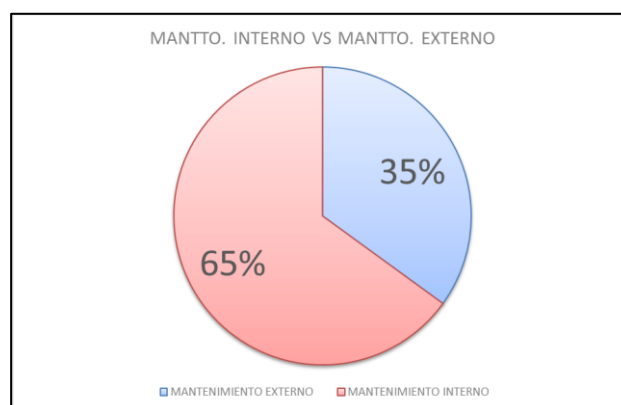
c) Falta de personal especializado para realizar las OT de mantenimiento (CR5).

En el año 2016 la empresa T.R.C. S.A.C, tuvo un total de 13924 fallas de las cuales el 65%(9051 fallas) se le hizo un mantenimiento interno, y el 35%(4873 fallas) se le hizo un mantenimiento externo. Así como se muestra en la figura N° 15

Esto debido a que la empresa no cuenta con personal que tenga conocimiento y habilidades que en técnicas predictivas que le permitan reducir así las fallas y sobre todo poder detectarlas a tiempo y de esta forma evitar estar solicitando servicio de mantenimiento externo.

Cabe mencionar que el costo de mantenimiento externo ascendió a S/.10,786,785. Así como se muestra en el cuadro N° 17.

Figura N° 15: Mantto externo vs Mantto interno inicial



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 17: Costo inicial del mantenimiento externo

2016	
N° DE OT EXTERNAS	4873.40
COSTO POR OT EXTERNAS	S/. 10,786,785
COSTO PROMEDIO POR OT EXTERNA	S/. 2,213

Fuente: Elaboración propia

d) Falta de equipos para la detección de fallas (CR1).

La empresa T.R.C S.A.C., no cuenta con equipos que le faciliten la detección de fallas de los componentes de las unidades de transporte, si bien es cierto ellos realizan el mantenimiento preventivo , gran parte de este mantenimiento lo realizan las mismas concesionarias, es por ello que cuando hay una falla; los mecánicos de la empresa tratan de dar una solución inmediata cambiando el repuesto dañado pero no logran determinar cuál fue la causa ya que no tiene ningún parámetro o indicio que le permita saber cuál fue la falla realmente.

Cuadro N° 18: N° de equipos predictivos iniciales

	2016
N° DE EQUIPOS PREDICTIVOS	0

Fuente: Elaboración Propia

e) Falta de capacitación al área de mantenimiento. (CR3)

Uno de los problemas que afecta a la baja rentabilidad de la empresa es la falta de capacitación en temas concerniente a mantenimiento en general.

En el año 2016, la empresa tuvo un total de 116 capacitaciones de las cuales el mayor porcentaje de capacitaciones fue destinado al área de operaciones y SSOMA con un total del 61% del total de capacitaciones, dejando de lado el área de mantenimiento destinando solo 3 capacitaciones representando el 3% del número total de capacitaciones realizadas. Así como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 19: Horas de capacitación 2016

Áreas	N° de capacitaciones	%
Mantenimiento	3	3%
Logística	2	2%
Recursos humanos	6	5%
SSOMMA	25	22%
Administración	12	10%
Finanzas	8	7%
Operaciones	45	39%
Sistemas	15	13%
Total	116	
% CAPACITACIÓN ÁREA MANTENIMIENTO		3%

Fuente: Elaboración propia

Indicadores actuales de Logística

f) Falta de cumplimiento de tiempos en entrega de los repuestos (CR6).

En la empresa T.R.C S.A.C., otra de las causas que originan que las unidades no estén disponibles en el tiempo que se le necesitan es debido a que el tiempo de la solución de las fallas correctivas se extienden. Esto se da debido a que el área logística genera tiempos muertos por las demoras en la entrega de repuestos que se da cuando se realiza el mantenimiento correctivo (ya sea realizado por mantenimiento interno o externo) y esto debido a que no existe una adecuada clasificación de los repuestos que se tienen en función de la criticidad de los equipos que más falla.

En el año 2016, se llegó a determinar que estos tiempos de demoras en la entrega de repuestos fue de 18969 horas, esto generó un Costo lucro cesante por demoras en la entrega de repuestos de S/.3, 523, 954. Así como se muestra en los cuadros N° 20 y 21.

g) Falta de un proceso de selección y evaluación de proveedores (CR8).

La empresa T.R.C en el año 2016 tuvo deficiencias debido a que el área logística no contaba con un proceso de selección y evaluación de proveedores, es por ello que no se tenía una adecuada clasificación de cuáles eran los proveedores aptos con los que se podía trabajar y cuales no lo eran. Además esto ocasionaba que los proveedores entregaran los repuestos solicitados con retrasos, afectando la disponibilidad operacional debido a que se extendía el tiempo para dar solución a la falla correctiva.

Es por ello que el valor del indicador del % de proveedores críticos es 0%.

Cuadro N° 20: Horas de demora logística y CLC inicial

N°	MÁQUINA	N unidades	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS
1	Freightliner	56	140.34	150,750.00	22,092.00	2,391.00	1,813.00	83	14	87.2%	86.0%	S/. 344,214
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	94.6%	93.3%	861793.4224
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94.1%	92.9%	S/. 1,434,889
4	Volvo	88	218.76	291,300.00	47,319.00	4,023.00	3,096.00	94	17	86.0%	85.0%	S/. 883,057
	TOTAL	414	181.88	1,365,372.55	125,749.00	18,969.00	13,924.00	109	11	84.6%	82.8%	S/. 3,523,954

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 21: Horas de demora logística y CLC con la propuesta de mejora

IMPACTO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y LOGISTICA												
N°	UNIDADES	N° de unidades	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	Disponibilidad Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS
1	Freightliner	56	140.34	157,866.20	17,490.80	1,944.00	1,481.60	107	13	90%	89%	275,371.42
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	95%	93%	861,793.42
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94%	93%	1,434,889.19
4	Volvo	88	218.76	302,373.00	37,050.60	3,218.40	2,476.80	122	16	89%	88%	706,445.82
	TOTAL	414	181.88	1,383,562	110,879	17,717	12,973	120	11	86%	85%	S/. 3,278,500

Fuente: Elaboración propia

h) Falta de conocimiento acerca de cuáles son los repuestos críticos (CR3).

Inicialmente una de las causas que hacía que el área de logística demorara en la entrega de repuestos al área de mantenimiento de la empresa T.R.C. S.A.C., es debido a que en ocasiones no se tenía los repuestos en almacén cuando los mecánicos lo solicitaban.

Además se determinó que el área logística desconocía cuales eran los repuestos críticos y que deben tener en almacén. Es por ello que el valor del indicador del % de repuestos críticos es 0%.

i) Falta de un proceso para determinar el N° de repuestos a almacenar (CR9).

Otra de las causas de las demoras en la entrega de repuestos era que no se conocía cual era la cantidad de repuestos a tener en él almacén para atender las necesidades de mantenimiento de las unidades de transporte de carga pesada.

En el año 2016, la empresa tuvo un costo en repuestos de S/.10, 227,455 y el número de repuestos de las unidades críticas (Freightliner y Volvo) fue de 8739, cabe mencionar que este es el valor real y no se hizo la aplicación de ninguna fórmula para su determinación o cálculo.

j) Falta de capacitación al área Logística (CR1).

Uno de los problemas que afecta a la baja rentabilidad de la empresa es la falta de capacitación en temas concerniente a mantenimiento en general.

En el año 2016, la empresa tuvo un total de 116 capacitaciones de las cuales el mayor porcentaje de capacitaciones fue destinado al área de operaciones y SSOMA con un total del 61% del total de capacitaciones, dejando de lado el área de Logística destinando solo 2 capacitaciones representando el 2% del número total de capacitaciones realizadas. Así como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 22: Horas de capacitación 2016

Áreas	N° de capacitaciones	%
Mantenimiento	3	3%
Logística	2	2%
Recursos humanos	6	5%
SSOMMA	25	22%
Administración	12	10%
Finanzas	8	7%
Operaciones	45	39%
Sistemas	15	13%
Total	116	
% CAPACITACIÓN ÁREA LOGÍSTICA		2%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

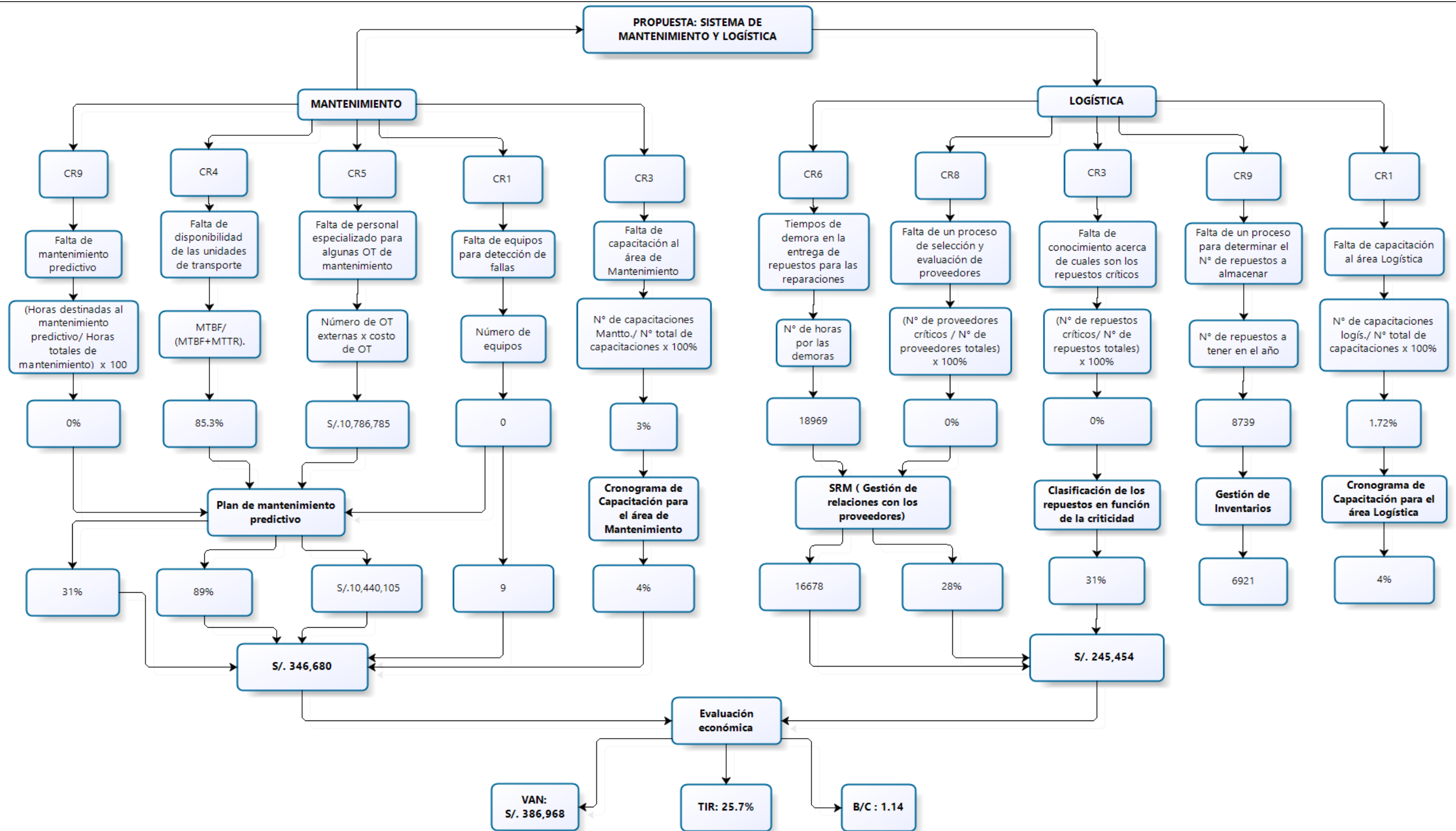
SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1 Propuesta de mejora

4.1.1 Sistema de Mantenimiento y Logística

A continuación se muestra en el cuadro N° 23, las causas raíces y metodología a utilizar como propuesta de mejora.

Cuadro N° 23: Mapa del desarrollo del sistema de Mantenimiento y Logística propuesto



Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en el mapa anterior las metodologías y herramientas a utilizar son:

1. Plan de mantenimiento predictivo
2. Cronograma de Capacitación para el área de Mantenimiento
3. Gestión de relaciones con los proveedores (SRM)
4. Clasificación de los repuestos en función de la criticidad
5. Gestión de inventarios
6. Cronograma de Capacitación para el área Logística
- a) Plan de Mantenimiento predictivo

La propuesta de mejora del plan de mantenimiento predictivo se desarrollará siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Listar todas las unidades con las que cuenta T.R.C. S.A.C.
- 2) Identificar las unidades críticas
- 3) Determinar los indicadores de las unidades críticas
- 4) Análisis de las fallas de los equipos críticos
- 5) Determinación de las técnicas y equipos predictivos a utilizar.
- 6) Determinación de la frecuencia de inspección.
- 7) Elaboración de un programa de capacitación para el área de mantenimiento

A continuación se describe la propuesta de mejora del diseño del plan de mantenimiento predictivo para las unidades de la empresa T.R.C. S.A.C.

1. Listado de las unidades móviles (carga pesada)

Actualmente la empresa cuenta con un total de 414 unidades, las cuales detallo a continuación.

Cuadro N° 24: Listado de Unidades de carga pesada - 1

ENE - DIC 2016			ENE - DIC 2016			ENE - DIC 2016			ENE - DIC 2016		
N°	Unidades	Marca	N°	Unidades	Marca	N°	Unidades	Marca	N°	Unidades	Marca
1	AAG788	Freightliner	61	T1Z847	Kenworth	121	T3E902	Kenworth	181	T4I830	Kenworth
2	ALY711	Freightliner	62	T1Z879	Kenworth	122	T3E906	Kenworth	182	T4I831	Kenworth
3	T1D835	Freightliner	63	T1Z880	Kenworth	123	T3E914	Kenworth	183	T4I832	Kenworth
4	T1D854	Freightliner	64	T2E927	Kenworth	124	T3E917	Kenworth	184	T4I841	Kenworth
5	T1D862	Freightliner	65	T2F808	Kenworth	125	T3E919	Kenworth	185	T4I853	Kenworth
6	T1D871	Freightliner	66	T2F814	Kenworth	126	T3E923	Kenworth	186	T4I854	Kenworth
7	T1D879	Freightliner	67	T2F815	Kenworth	127	T3E933	Kenworth	187	T4I861	Kenworth
8	T1D880	Freightliner	68	T2F823	Kenworth	128	T3F803	Kenworth	188	T4I863	Kenworth
9	T1D881	Freightliner	69	T2F824	Kenworth	129	T3F804	Kenworth	189	T4I891	Kenworth
10	T1D882	Freightliner	70	T2F847	Kenworth	130	T3F805	Kenworth	190	T4I917	Kenworth
11	T1D883	Freightliner	71	T2F851	Kenworth	131	T3F815	Kenworth	191	T4I918	Kenworth
12	T1D884	Freightliner	72	T2F852	Kenworth	132	T3F836	Kenworth	192	T4I857	Kenworth
13	T1D885	Freightliner	73	T2F905	Kenworth	133	T3F871	Kenworth	193	T4I858	Kenworth
14	T1D888	Freightliner	74	T2F906	Kenworth	134	T3F872	Kenworth	194	T4I890	Kenworth
15	T1D889	Freightliner	75	T2F910	Kenworth	135	T3F893	Kenworth	195	T4I910	Kenworth
16	T1D927	Freightliner	76	T2F911	Kenworth	136	T3F894	Kenworth	196	T4I911	Kenworth
17	T1D928	Freightliner	77	T2F923	Kenworth	137	T3F915	Kenworth	197	T4I915	Kenworth
18	T1G892	Freightliner	78	T2F924	Kenworth	138	T3L800	Kenworth	198	T4L837	Kenworth
19	T1G893	Freightliner	79	T2F940	Kenworth	139	T3M873	Kenworth	199	T4L838	Kenworth
20	T1G894	Freightliner	80	T2F941	Kenworth	140	T3O909	Kenworth	200	T4L841	Kenworth
21	T1G896	Freightliner	81	T2F945	Kenworth	141	T3O910	Kenworth	201	T4L844	Kenworth
22	T1G899	Freightliner	82	T2F946	Kenworth	142	T3O912	Kenworth	202	T4L847	Kenworth
23	T1G900	Freightliner	83	T2G949	Kenworth	143	T3O913	Kenworth	203	T4L853	Kenworth
24	T1G902	Freightliner	84	T2H800	Kenworth	144	T3O919	Kenworth	204	T4L864	Kenworth
25	T1G904	Freightliner	85	T2P853	Kenworth	145	T3O920	Kenworth	205	T4L865	Kenworth
26	T1G905	Freightliner	86	T2Q909	Kenworth	146	T3O926	Kenworth	206	T4L866	Kenworth
27	T1G906	Freightliner	87	T2R859	Kenworth	147	T3O928	Kenworth	207	T4L867	Kenworth
28	T1G907	Freightliner	88	T2R860	Kenworth	148	T3O935	Kenworth	208	T4L868	Kenworth
29	T1G909	Freightliner	89	T2R863	Kenworth	149	T3O936	Kenworth	209	T4M809	Kenworth
30	T1G910	Freightliner	90	T2R865	Kenworth	150	T3O942	Kenworth	210	T4M812	Kenworth
31	T1L851	Freightliner	91	T2R875	Kenworth	151	T3O944	Kenworth	211	T4M817	Kenworth
32	T1L853	Freightliner	92	T2R878	Kenworth	152	T3P804	Kenworth	212	T4M820	Kenworth
33	T1L859	Freightliner	93	T2R907	Kenworth	153	T3Q895	Kenworth	213	T4M821	Kenworth
34	T1L860	Freightliner	94	T2R908	Kenworth	154	T3R900	Kenworth	214	T4M825	Kenworth
35	T1L865	Freightliner	95	T2S810	Kenworth	155	T3R901	Kenworth	215	T4M826	Kenworth
36	T1L866	Freightliner	96	T2S907	Kenworth	156	T3R909	Kenworth	216	T4M841	Kenworth
37	T1L868	Freightliner	97	T2S914	Kenworth	157	T3S881	Kenworth	217	T4M859	Kenworth
38	T1U840	Freightliner	98	T2U830	Kenworth	158	T3W929	Kenworth	218	T4M862	Volvo
39	T1U841	Freightliner	99	T2Y911	Kenworth	159	T3W935	Kenworth	219	T4T898	Volvo
40	T1U843	Freightliner	100	T3A918	Kenworth	160	T3W936	Kenworth	220	T4T899	Volvo
41	T1U863	Freightliner	101	T3A919	Kenworth	161	T3W938	Kenworth	221	T4T904	Volvo
42	T1U874	Freightliner	102	T3A921	Kenworth	162	T3W940	Kenworth	222	T4T905	Volvo
43	T1U875	Freightliner	103	T3A922	Kenworth	163	T3W942	Kenworth	223	T4T910	Volvo
44	T1W947	Freightliner	104	T3A927	Kenworth	164	T3W943	Kenworth	224	T4T912	Volvo
45	T1X801	Freightliner	105	T3A928	Kenworth	165	T3W944	Kenworth	225	T4T920	Volvo
46	T1X802	Freightliner	106	T3A929	Kenworth	166	T3X807	Kenworth	226	T4T921	Volvo
47	T1X813	Freightliner	107	T3A934	Kenworth	167	T3X808	Kenworth	227	T4T926	Volvo
48	T1X814	Freightliner	108	T3A935	Kenworth	168	T3Y905	Kenworth	228	T4T927	Volvo
49	T1X820	Freightliner	109	T3A936	Kenworth	169	T4C894	Kenworth	229	T4U935	Volvo
50	T1X863	Freightliner	110	T3A939	Kenworth	170	T4C896	Kenworth	230	T4U942	Volvo
51	T1X864	Freightliner	111	T3A940	Kenworth	171	T4C898	Kenworth	231	T4U943	Volvo
52	T1X897	Freightliner	112	T3A941	Kenworth	172	T4C902	Kenworth	232	T4U945	Volvo
53	T1X898	Freightliner	113	T3A943	Kenworth	173	T4C903	Kenworth	233	T4V802	Volvo
54	T1X899	Freightliner	114	T3A944	Kenworth	174	T4C907	Kenworth	234	T4V804	Volvo
55	T1X900	Freightliner	115	T3A945	Kenworth	175	T4C910	Kenworth	235	T4V809	Volvo
56	T1Y948	Freightliner	116	T3B889	Kenworth	176	T4C913	Kenworth	236	T4V813	Volvo
57	T1Y949	Kenworth	117	T3C930	Kenworth	177	T4C941	Kenworth	237	T4V820	Volvo
58	T1Z820	Kenworth	118	T3D887	Kenworth	178	T4C942	Kenworth	238	T4V821	Volvo
59	T1Z828	Kenworth	119	T3E897	Kenworth	179	T4D823	Kenworth	239	T4X933	Volvo
60	T1Z830	Kenworth	120	T3E898	Kenworth	180	T4G833	Kenworth	240	T5H894	Volvo

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Listado de Unidades de carga pesada – 2

ENE - DIC 2016			ENE - DIC 2016			ENE - DIC 2016		
N°	Unidades	Marca	N°	Unidades	Marca	N°	Unidades	Marca
241	T5H897	Volvo	301	T6B805	Volvo	361	T6V944	Mack
242	T5H921	Volvo	302	T6B811	Volvo	362	T6V949	Mack
243	T5H940	Volvo	303	T6B813	Volvo	363	T6W800	Mack
244	T5H945	Volvo	304	T6B820	Volvo	364	T6W801	Mack
245	T5H948	Volvo	305	T6B821	Volvo	365	T6W802	Mack
246	T5H949	Volvo	306	T6E803	Mack	366	T6W805	Mack
247	T5I801	Volvo	307	T6E820	Mack	367	T6W806	Mack
248	T5I803	Volvo	308	T6E825	Mack	368	T6W809	Mack
249	T5I811	Volvo	309	T6E826	Mack	369	T6W810	Mack
250	T5J834	Volvo	310	T6E831	Mack	370	T6W814	Mack
251	T5J837	Volvo	311	T6E835	Mack	371	T6W815	Mack
252	T5J838	Volvo	312	T6E840	Mack	372	T7N885	Mack
253	T5J839	Volvo	313	T6E844	Mack	373	T7N889	Mack
254	T5J842	Volvo	314	T6G863	Mack	374	T7N890	Mack
255	T5J847	Volvo	315	T6G866	Mack	375	T7N891	Mack
256	T5J848	Volvo	316	T6G868	Mack	376	T7N894	Mack
257	T5J850	Volvo	317	T6G873	Mack	377	T7N900	Mack
258	T5J852	Volvo	318	T6G876	Mack	378	T7T835	Mack
259	T5K803	Volvo	319	T6G880	Mack	379	T7T913	Mack
260	T5L851	Volvo	320	T6G884	Mack	380	T7T919	Mack
261	T5L905	Volvo	321	T6G896	Mack	381	T7T920	Mack
262	T5M881	Volvo	322	T6G898	Mack	382	T7T921	Mack
263	T5M882	Volvo	323	T6G908	Mack	383	T7T923	Mack
264	T5M883	Volvo	324	T6I877	Mack	384	T7T924	Mack
265	T5M906	Volvo	325	T6J808	Mack	385	T7T934	Mack
266	T5M914	Volvo	326	T6J809	Mack	386	T7T940	Mack
267	T5M925	Volvo	327	T6J816	Mack	387	T7T941	Mack
268	T5M929	Volvo	328	T6J817	Mack	388	T7V811	Mack
269	T5M932	Volvo	329	T6J829	Mack	389	T7V812	Mack
270	T5M933	Volvo	330	T6J830	Mack	390	T7V813	Mack
271	T5M939	Volvo	331	T6L937	Mack	391	T7V814	Mack
272	T5M940	Volvo	332	T6L943	Mack	392	T7V815	Mack
273	T5N802	Volvo	333	T6L944	Mack	393	T7V816	Mack
274	T5Q882	Volvo	334	T6L946	Mack	394	T7V819	Mack
275	T5Q884	Volvo	335	T6L947	Mack	395	T7V820	Mack
276	T5Q889	Volvo	336	T6L949	Mack	396	T7V821	Mack
277	T5Q891	Volvo	337	T6M800	Mack	397	T7V827	Mack
278	T5Q892	Volvo	338	T6M803	Mack	398	T7V836	Mack
279	T5Q904	Volvo	339	T6M804	Mack	399	T7V837	Mack
280	T5Q915	Volvo	340	T6M805	Mack	400	T7V944	Mack
281	T5Q916	Volvo	341	T6P832	Mack	401	T8A872	Mack
282	T5V856	Volvo	342	T6P835	Mack	402	T8A874	Mack
283	T5V859	Volvo	343	T6P836	Mack	403	T8A875	Mack
284	T5V860	Volvo	344	T6P841	Mack	404	T8A876	Mack
285	T5V869	Volvo	345	T6P842	Mack	405	T8A877	Mack
286	T5V889	Volvo	346	T6P843	Mack	406	T8A878	Mack
287	T5V915	Volvo	347	T6P845	Mack	407	T8A882	Mack
288	T5Y839	Volvo	348	T6P846	Mack	408	T8A883	Mack
289	T5Y855	Volvo	349	T6P852	Mack	409	T8A892	Mack
290	T5Y858	Volvo	350	T6P858	Mack	410	T8A893	Mack
291	T5Y860	Volvo	351	T6P860	Mack	411	T8A894	Mack
292	T5Y861	Volvo	352	T6V929	Mack	412	T8A895	Mack
293	T5Y880	Volvo	353	T6V930	Mack	413	T8D813	Mack
294	T5Z809	Volvo	354	T6V931	Mack	414	T8D829	Mack
295	T5Z812	Volvo	355	T6V932	Mack			
296	T5Z819	Volvo	356	T6V937	Mack			
297	T6A924	Volvo	357	T6V938	Mack			
298	T6A928	Volvo	358	T6V939	Mack			
299	T6A929	Volvo	359	T6V940	Mack			
300	T6B803	Volvo	360	T6V941	Mack			

Fuente: Elaboración propia

2. Identificar las unidades críticas.

Para determinar las unidades críticas, se realizó un resumen de los indicadores actuales de todas las unidades, el cual se muestra a continuación.

Cuadro N° 26: Indicadores de las unidades de carga pesada

N°	MÁQUINA	N° UNIDADES	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	DISPON. OPERACIONAL
1	Freightliner	56	140.34	150,750.00	22,092.00	2,391.00	1,813.00	83	14	87.2%	86.0%
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	94.6%	93.3%
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94.1%	92.9%
4	Volvo	88	218.76	291,300.00	47,319.00	4,023.00	3,096.00	94	17	86.0%	85.0%
	TOTAL	414	181.88	1,365,372.55	125,749.00	18,969.00	13,924.00	109	11	84.6%	82.8%

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se determinó que las unidades críticas son las unidades de la marca Freightliner y Volvo ya que obtuvieron una disponibilidad menor a 90%, el cual es la disponibilidad meta que la empresa espera obtener.

3. Indicadores de los equipos críticos

En el año 2016, la empresa T.R.C. S.A.C, obtuvo en sus equipos críticos (Unidades Freightliner y Volvo), un total de 4848 paradas de las unidades de transporte y se tuvo un tiempo total de reparaciones (TTR) de 69790 horas, un TTF 443700 horas, MTTR de 17 horas y un MTBF 90 de horas., así como se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 27: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas - 1

N°	MARCA	PLACA	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
1	Freightliner	AAG788	34	3,300	406	61	19	174	25	89.0%	87.6%	S/. 2,045	S/. 13,609
2	Freightliner	ALY711	100	1,500	382	33	48	31	9	79.7%	78.3%	S/. 3,311	S/. 38,331
3	Freightliner	T1D835	67	3,150	451	43	20	158	25	87.5%	86.4%	S/. 2,870	S/. 30,106
4	Freightliner	T1D854	43	7,350	379	45	27	272	16	95.1%	94.5%	S/. 1,917	S/. 16,148
5	Freightliner	T1D862	25	9,600	353	27	30	320	13	96.5%	96.2%	S/. 668	S/. 8,735
6	Freightliner	T1D871	274	900	440	31	43	21	11	67.2%	65.6%	S/. 8,507	S/. 120,741
7	Freightliner	T1D879	79	2,850	424	53	39	73	12	87.0%	85.7%	S/. 4,186	S/. 33,489
8	Freightliner	T1D880	245	1,050	361	36	44	24	9	74.4%	72.6%	S/. 8,806	S/. 88,310
9	Freightliner	T1D881	49	4,950	436	56	26	190	19	91.9%	91.0%	S/. 2,756	S/. 21,456
10	Freightliner	T1D882	184	1,350	425	52	48	28	10	76.1%	73.9%	S/. 9,558	S/. 78,118
11	Freightliner	T1D883	224	1,050	443	65	24	44	21	70.3%	67.4%	S/. 14,546	S/. 99,138
12	Freightliner	T1D884	127	1,950	383	25	46	42	9	83.6%	82.7%	S/. 3,187	S/. 48,829
13	Freightliner	T1D885	37	6,600	403	37	33	200	13	94.2%	93.8%	S/. 1,378	S/. 15,011
14	Freightliner	T1D888	215	1,350	445	32	37	36	13	75.2%	73.9%	S/. 6,891	S/. 95,828
15	Freightliner	T1D889	208	1,200	407	47	21	57	22	74.7%	72.6%	S/. 9,770	S/. 84,602
16	Freightliner	T1D927	150	1,500	441	40	45	33	11	77.3%	75.7%	S/. 5,990	S/. 66,042
17	Freightliner	T1D928	271	1,200	454	45	22	55	23	72.6%	70.6%	S/. 12,197	S/. 123,059
18	Freightliner	T1G892	36	8,400	363	38	39	215	10	95.9%	95.4%	S/. 1,355	S/. 12,940
19	Freightliner	T1G893	112	2,250	439	52	43	52	11	83.7%	82.1%	S/. 5,810	S/. 49,053
20	Freightliner	T1G894	112	2,550	366	30	18	142	22	87.4%	86.6%	S/. 3,362	S/. 41,020
21	Freightliner	T1G896	157	1,800	379	49	31	58	14	82.6%	80.8%	S/. 7,713	S/. 59,655
22	Freightliner	T1G899	28	10,500	451	37	33	318	15	95.9%	95.6%	S/. 1,026	S/. 12,501
23	Freightliner	T1G900	110	1,200	420	45	31	39	15	74.1%	72.1%	S/. 4,961	S/. 46,306
24	Freightliner	T1G902	120	1,350	358	38	20	68	20	79.0%	77.3%	S/. 4,545	S/. 42,822
25	Freightliner	T1G904	110	1,950	416	50	22	89	21	82.4%	80.7%	S/. 5,517	S/. 45,900
26	Freightliner	T1G905	242	1,350	395	34	30	45	14	77.4%	75.9%	S/. 8,236	S/. 95,684
27	Freightliner	T1G906	226	1,050	382	28	39	27	11	73.3%	71.9%	S/. 6,330	S/. 86,360
28	Freightliner	T1G907	32	7,200	434	42	37	195	13	94.3%	93.8%	S/. 1,352	S/. 13,968
29	Freightliner	T1G909	108	1,950	401	33	29	67	15	82.9%	81.8%	S/. 3,559	S/. 43,245
30	Freightliner	T1G910	32	7,950	395	30	28	284	15	95.3%	94.9%	S/. 962	S/. 12,665
31	Freightliner	T1L851	175	1,350	379	60	36	38	12	78.1%	75.5%	S/. 10,500	S/. 66,327
32	Freightliner	T1L853	140	1,650	388	39	38	43	11	81.0%	79.4%	S/. 5,455	S/. 54,268
33	Freightliner	T1L859	110	2,100	371	61	34	62	13	85.0%	82.9%	S/. 6,704	S/. 40,771
34	Freightliner	T1L860	83	3,150	375	46	25	126	17	89.4%	88.2%	S/. 3,810	S/. 31,059
35	Freightliner	T1L865	29	8,550	391	38	22	389	20	95.6%	95.2%	S/. 1,098	S/. 11,303
36	Freightliner	T1L866	175	1,650	405	44	21	79	21	80.3%	78.6%	S/. 7,712	S/. 70,982
37	Freightliner	T1L868	193	1,350	454	44	37	36	13	74.8%	73.1%	S/. 8,494	S/. 87,638
38	Freightliner	T1U840	192	1,200	373	50	29	41	15	76.3%	73.9%	S/. 9,613	S/. 71,712
39	Freightliner	T1U841	260	1,200	415	54	38	32	12	74.3%	71.9%	S/. 14,032	S/. 107,839
40	Freightliner	T1U843	194	1,500	361	41	36	42	11	80.6%	78.9%	S/. 7,937	S/. 69,882

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 28: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas - 2

N°	MARCA	PLACA	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
41	Freightliner	T1U863	176	1,350	439	59	29	47	17	75.5%	73.1%	S/. 10,380	S/. 77,234
42	Freightliner	T1U874	146	2,100	398	65	19	111	24	84.1%	81.9%	S/. 9,522	S/. 58,306
43	Freightliner	T1U875	146	1,950	361	42	37	53	11	84.4%	82.9%	S/. 6,129	S/. 52,679
44	Freightliner	T1W947	322	900	374	38	43	21	10	70.6%	68.6%	S/. 12,228	S/. 120,345
45	Freightliner	T1X801	55	3,450	400	26	19	182	22	89.6%	89.0%	S/. 1,420	S/. 21,839
46	Freightliner	T1X802	165	1,200	354	61	38	32	11	77.2%	74.3%	S/. 10,064	S/. 58,407
47	Freightliner	T1X813	205	1,050	405	61	47	22	10	72.2%	69.3%	S/. 12,516	S/. 83,099
48	Freightliner	T1X814	259	1,200	414	37	45	27	10	74.3%	72.7%	S/. 9,579	S/. 107,179
49	Freightliner	T1X820	144	1,650	376	28	47	35	9	81.4%	80.3%	S/. 4,028	S/. 54,093
50	Freightliner	T1X863	74	3,150	455	37	21	150	23	87.4%	86.5%	S/. 2,722	S/. 33,472
51	Freightliner	T1X864	117	1,800	438	51	47	38	10	80.4%	78.6%	S/. 5,958	S/. 51,172
52	Freightliner	T1X897	117	2,550	369	49	40	64	10	87.4%	85.9%	S/. 5,752	S/. 43,318
53	Freightliner	T1X898	127	1,800	395	59	42	43	11	82.0%	79.9%	S/. 7,500	S/. 50,213
54	Freightliner	T1X899	169	1,350	391	35	27	50	16	77.5%	76.0%	S/. 5,909	S/. 66,011
55	Freightliner	T1X900	190	1,200	379	32	24	50	17	76.0%	74.5%	S/. 6,078	S/. 71,983
56	Freightliner	T1Y948	148	1,650	379	39	39	42	11	81.3%	79.8%	S/. 5,762	S/. 56,000
57	Volvo	T4M862	199	1,800	642	31	33	55	20	73.7%	72.8%	S/. 6,183	S/. 128,052
58	Volvo	T4T898	160	1,650	582	30	40	41	15	73.9%	72.9%	S/. 4,811	S/. 93,338
59	Volvo	T4T899	110	2,700	452	31	26	104	19	85.7%	84.8%	S/. 3,395	S/. 49,501
60	Volvo	T4T904	68	2,700	452	65	40	68	13	85.7%	83.9%	S/. 4,439	S/. 30,871
61	Volvo	T4T905	21	7,650	456	35	18	425	27	94.4%	94.0%	S/. 729	S/. 9,501
62	Volvo	T4T910	246	1,050	613	66	21	50	32	63.1%	60.7%	S/. 16,210	S/. 150,555
63	Volvo	T4T912	120	2,550	586	45	30	85	21	81.3%	80.2%	S/. 5,404	S/. 70,370
64	Volvo	T4T920	83	3,300	459	62	23	143	23	87.8%	86.4%	S/. 5,120	S/. 37,908
65	Volvo	T4T921	22	10,650	609	63	25	426	27	94.6%	94.1%	S/. 1,371	S/. 13,251

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 29: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas - 3

N°	MARCA	PLACA	COSTO HORA MAQUINA	TTR(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
66	Volvo	T4T926	84	3,150	517	68	39	81	15	85.9%	84.3%	S/. 5,738	S/. 43,629
67	Volvo	T4T927	243	1,050	520	67	43	24	14	66.9%	64.1%	S/. 16,265	S/. 126,238
68	Volvo	T4U935	173	1,350	568	59	45	30	14	70.4%	68.3%	S/. 10,202	S/. 98,213
69	Volvo	T4U942	390	750	528	66	32	23	19	58.7%	55.8%	S/. 25,771	S/. 206,166
70	Volvo	T4U943	387	750	468	35	47	16	11	61.6%	59.9%	S/. 13,551	S/. 181,190
71	Volvo	T4U945	684	450	523	68	46	10	13	46.2%	43.2%	S/. 46,484	S/. 357,514
72	Volvo	T4V802	109	2,250	535	46	48	47	12	80.8%	79.5%	S/. 5,002	S/. 58,178
73	Volvo	T4V804	340	900	534	28	44	20	13	62.8%	61.6%	S/. 9,520	S/. 181,554
74	Volvo	T4V809	525	600	505	33	41	15	13	54.3%	52.7%	S/. 17,327	S/. 265,153
75	Volvo	T4V813	274	900	454	35	48	19	10	66.5%	64.8%	S/. 9,604	S/. 124,577
76	Volvo	T4V820	539	600	512	60	36	17	16	54.0%	51.2%	S/. 32,334	S/. 275,918
77	Volvo	T4V821	246	1,200	458	31	47	26	10	72.4%	71.0%	S/. 7,624	S/. 112,633
78	Volvo	T4X933	27	12,000	527	25	26	462	21	95.8%	95.6%	S/. 686	S/. 14,469
79	Volvo	T5H894	41	9,150	454	65	31	295	17	95.3%	94.6%	S/. 2,668	S/. 18,637
80	Volvo	T5H897	2,068	150	459	43	48	3	10	24.6%	23.0%	S/. 88,924	S/. 949,214
81	Volvo	T5H921	250	1,200	578	33	41	29	15	67.5%	66.3%	S/. 8,262	S/. 144,716
82	Volvo	T5H940	90	1,500	513	29	32	47	17	74.5%	73.5%	S/. 2,607	S/. 46,109
83	Volvo	T5H945	269	750	450	61	24	31	21	62.5%	59.5%	S/. 16,436	S/. 121,251
84	Volvo	T5H948	1,639	150	570	32	41	4	15	20.8%	19.9%	S/. 52,433	S/. 933,963
85	Volvo	T5H949	387	900	488	63	19	47	29	64.8%	62.0%	S/. 24,397	S/. 188,978
86	Volvo	T5I801	393	600	568	63	45	13	14	51.4%	48.7%	S/. 24,757	S/. 223,202
87	Volvo	T5I803	147	1,950	639	62	37	53	19	75.3%	73.6%	S/. 9,089	S/. 93,673
88	Volvo	T5I811	15	13,950	478	67	28	498	19	96.7%	96.2%	S/. 1,017	S/. 7,259
89	Volvo	T5J834	243	1,050	513	28	48	22	11	67.2%	66.0%	S/. 6,797	S/. 124,539
90	Volvo	T5J837	157	1,500	571	49	24	63	26	72.4%	70.8%	S/. 7,676	S/. 89,451
91	Volvo	T5J838	191	1,200	560	57	47	26	13	68.2%	66.0%	S/. 10,900	S/. 107,087
92	Volvo	T5J839	72	3,900	551	35	36	108	16	87.6%	86.9%	S/. 2,516	S/. 39,616
93	Volvo	T5J842	531	450	619	67	42	11	16	42.1%	39.6%	S/. 35,557	S/. 328,504
94	Volvo	T5J847	136	1,800	542	59	40	45	15	76.9%	75.0%	S/. 8,010	S/. 73,579
95	Volvo	T5J848	239	1,200	610	43	47	26	14	66.3%	64.8%	S/. 10,264	S/. 145,609
96	Volvo	T5J850	153	1,650	469	64	42	39	13	77.9%	75.6%	S/. 9,801	S/. 71,824
97	Volvo	T5J852	363	600	625	30	21	29	31	49.0%	47.8%	S/. 10,888	S/. 226,837
98	Volvo	T5K803	242	1,500	589	31	36	42	17	71.8%	70.8%	S/. 7,496	S/. 142,420
99	Volvo	T5L851	186	1,800	608	67	28	64	24	74.8%	72.7%	S/. 12,450	S/. 112,976
100	Volvo	T5L905	557	600	582	67	43	14	15	50.8%	48.0%	S/. 37,349	S/. 324,433
101	Volvo	T5M881	96	3,300	534	55	24	138	25	86.1%	84.9%	S/. 5,297	S/. 51,430
102	Volvo	T5M882	198	1,350	600	46	26	52	25	69.2%	67.6%	S/. 9,109	S/. 118,809

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 30: Indicadores de las unidades de carga pesada críticas - 4

N°	MARCA	PLACA	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
103	Volvo	T5M883	46	6,000	568	41	22	273	28	91.4%	90.8%	S/. 1,880	S/. 26,038
104	Volvo	T5M906	194	600	481	25	30	20	17	55.5%	54.2%	S/. 4,846	S/. 93,235
105	Volvo	T5M914	85	1,650	517	35	38	43	15	76.1%	74.9%	S/. 2,975	S/. 43,947
106	Volvo	T5M925	112	1,650	634	26	31	53	21	72.2%	71.4%	S/. 2,902	S/. 70,767
107	Volvo	T5M929	204	1,500	494	46	40	38	14	75.2%	73.5%	S/. 9,391	S/. 100,848
108	Volvo	T5M932	226	1,050	611	57	39	27	17	63.2%	61.1%	S/. 12,886	S/. 138,131
109	Volvo	T5M933	193	1,200	554	44	39	31	15	68.4%	66.7%	S/. 8,497	S/. 106,981
110	Volvo	T5M939	156	1,350	566	35	32	42	19	70.5%	69.2%	S/. 5,452	S/. 88,169
111	Volvo	T5M940	170	1,500	463	25	40	38	12	76.4%	75.5%	S/. 4,248	S/. 78,680
112	Volvo	T5N802	259	900	452	34	46	20	11	66.6%	64.9%	S/. 8,818	S/. 117,233
113	Volvo	T5Q882	33	6,900	608	37	21	329	31	91.9%	91.5%	S/. 1,222	S/. 20,083
114	Volvo	T5Q884	42	6,600	526	47	26	254	22	92.6%	92.0%	S/. 1,997	S/. 22,347
115	Volvo	T5Q889	88	2,700	590	59	35	77	19	82.1%	80.6%	S/. 5,219	S/. 52,186
116	Volvo	T5Q891	190	1,350	524	34	42	32	13	72.0%	70.8%	S/. 6,468	S/. 99,680
117	Volvo	T5Q892	150	1,950	508	62	37	53	15	79.3%	77.4%	S/. 9,284	S/. 76,065
118	Volvo	T5Q904	22	12,000	500	62	44	273	13	96.0%	95.5%	S/. 1,377	S/. 11,108
119	Volvo	T5Q915	182	1,350	469	30	31	44	16	74.2%	73.0%	S/. 5,464	S/. 85,415
120	Volvo	T5Q916	157	2,100	483	58	42	50	13	81.3%	79.5%	S/. 9,113	S/. 75,893
121	Volvo	T5V856	65	5,250	542	29	31	169	18	90.6%	90.2%	S/. 1,889	S/. 35,304
122	Volvo	T5V859	312	900	485	32	41	22	13	65.0%	63.5%	S/. 9,970	S/. 151,106
123	Volvo	T5V860	50	6,300	530	48	36	175	16	92.2%	91.6%	S/. 2,422	S/. 26,738
124	Volvo	T5V869	62	4,500	533	43	23	196	25	89.4%	88.7%	S/. 2,650	S/. 32,843
125	Volvo	T5V889	127	2,250	454	25	19	118	25	83.2%	82.4%	S/. 3,167	S/. 57,510
126	Volvo	T5V915	77	1,650	557	28	45	37	13	74.8%	73.8%	S/. 2,143	S/. 42,624
127	Volvo	T5Y839	29	4,800	645	61	29	166	24	88.2%	87.2%	S/. 1,783	S/. 18,852
128	Volvo	T5Y855	13	14,250	488	25	40	356	13	96.7%	96.5%	S/. 323	S/. 6,307
129	Volvo	T5Y858	38	8,100	628	34	42	193	16	92.8%	92.4%	S/. 1,285	S/. 23,741
130	Volvo	T5Y860	120	2,250	531	66	42	54	14	80.9%	79.0%	S/. 7,940	S/. 63,885
131	Volvo	T5Y861	23	10,200	526	33	21	486	27	95.1%	94.8%	S/. 750	S/. 11,950
132	Volvo	T5Y880	467	450	485	41	22	20	24	48.1%	46.1%	S/. 19,160	S/. 226,652
133	Volvo	T5Z809	212	1,200	622	37	45	27	15	65.9%	64.6%	S/. 7,860	S/. 132,125
134	Volvo	T5Z812	222	1,050	525	27	23	46	24	66.7%	65.5%	S/. 6,002	S/. 116,714
135	Volvo	T5Z819	253	900	480	39	44	20	12	65.2%	63.4%	S/. 9,876	S/. 121,555
136	Volvo	T6A924	234	1,200	648	52	33	36	21	64.9%	63.2%	S/. 12,151	S/. 151,418
137	Volvo	T6A928	130	1,950	641	59	45	43	16	75.3%	73.6%	S/. 7,675	S/. 83,390
138	Volvo	T6A929	26	9,900	605	65	22	450	30	94.2%	93.7%	S/. 1,699	S/. 15,811
139	Volvo	T6B803	43	7,050	544	37	20	353	29	92.8%	92.4%	S/. 1,582	S/. 23,265
140	Volvo	T6B805	20	13,950	548	53	32	436	19	96.2%	95.9%	S/. 1,036	S/. 10,714
141	Volvo	T6B811	17	13,950	490	26	43	324	12	96.6%	96.4%	S/. 452	S/. 8,517
142	Volvo	T6B813	29	12,150	517	32	42	289	13	95.9%	95.7%	S/. 943	S/. 15,237
143	Volvo	T6B820	182	1,650	512	46	36	46	16	76.3%	74.7%	S/. 8,380	S/. 93,272
144	Volvo	T6B821	276	900	565	63	37	24	17	61.4%	58.9%	S/. 17,410	S/. 156,139
		TOTALES	188	443,700	69,790	6453	4948	90	17	86.4%	85.3%	S/. 1,227,272	S/. 13,406,170

Fuente: Elaboración propia

4. Análisis de las fallas de los equipos críticos

Para determinar cuáles deben ser las técnicas predictivas a emplear en los equipos críticos, se debe realizar primero un análisis de las fallas críticas de los equipos.

Es por ello que se identificó cuáles eran los sistemas que tenían las unidades de carga pesada, es así pues que se determinó que se tenían un total de 12 sistemas los cuales se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 31: Sistemas de las unidades de carga

Nº	NOMBRE DEL SISTEMA
1	Lubricación
2	Enfriamiento
3	Combustible
4	Admisión de aire
5	Escape
6	Eléctrico
7	Aire
8	Llantas
9	Chasis
10	Frenos
11	Motor
12	Dirección

Fuente: Elaboración propia

Luego de identificado se procedió a determinar el número de fallas por sistemas para cada unidad crítica (Freightliner y Volvo).

Fallas por sistemas

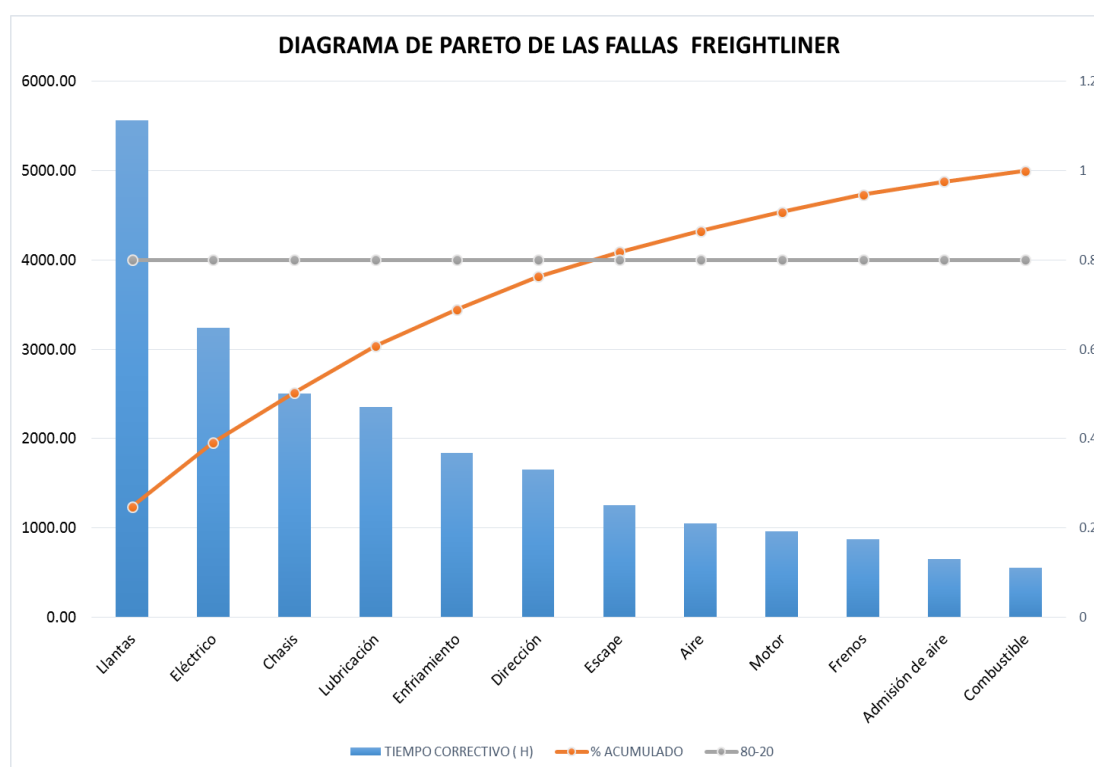
A. FREIGHTLINER: Durante el año 2016 se obtuvo un total de 1852 paradas las cuales se distribuyeron por sistemas de la siguiente manera:

Cuadro N° 32: Fallas de las unidades Freightliner por sistemas

FREIGHTLINER			
NOMBRE DEL SISTEMA	N° FALLAS	TTR(HORAS)	TIEMPO POR FALLA (H)
Llantas	560	5560.00	9.93
Eléctrico	250	3240.00	12.96
Chasis	150	2500.00	16.67
Lubricación	200	2350.00	11.75
Enfriamiento	150	1836.00	12.24
Dirección	120	1650.00	13.75
Escape	100	1250.00	12.50
Aire	85	1050.00	12.35
Motor	64	960.00	15.00
Frenos	83	875.00	10.54
Admisión de aire	50	650.00	13.00
Combustible	40	550.00	13.75
TOTAL	1852	22471.00	

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 16: Diagrama de Pareto de las fallas de las unidades Freightliner



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, las fallas que representan el 80% del tiempo total del tiempo de parada por fallas correctivas en las unidades Freightliner, se dan en los sistemas de llantas, eléctrico, chasis, lubricación, enfriamiento y dirección.

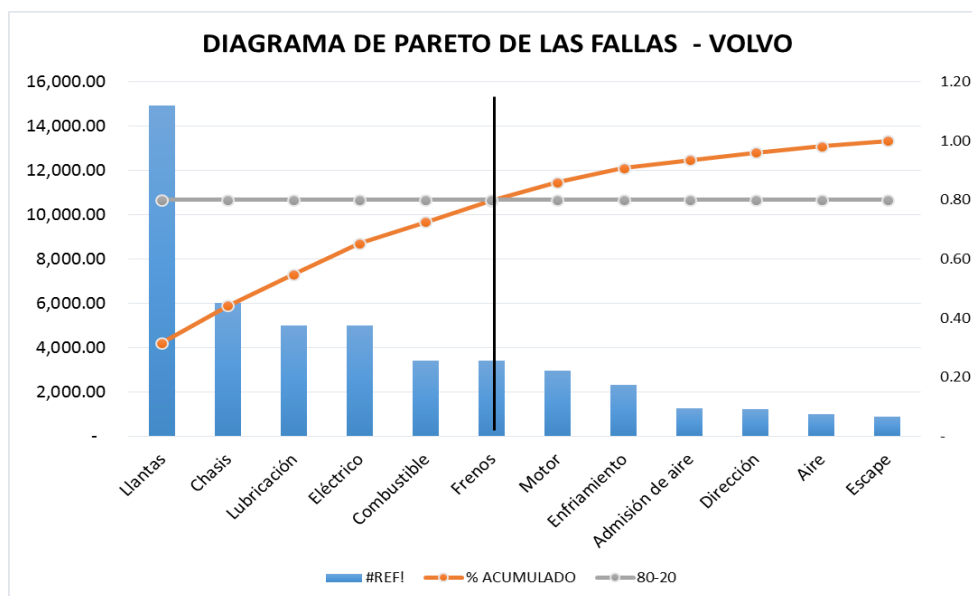
B. VOLVO: Durante el año 2016 se obtuvo un total de 3096 paradas las cuales se distribuyeron por sistemas de la siguiente manera

Cuadro N° 33: Fallas de las unidades Volvo por sistemas

VOLVO			
NOMBRE DEL SISTEMA	N° FALLAS	TTR(HORAS)	TIEMPO POR FALLA (H)
Llantas	950	14,921.44	15.71
Chasis	320	6,000.00	18.75
Lubricación	380	5,000.00	13.16
Eléctrico	350	5,000.00	14.29
Combustible	200	3,400.00	17.00
Frenos	250	3,400.00	13.60
Motor	180	2,951.00	16.39
Enfriamiento	140	2,300.00	16.43
Admisión de aire	83	1,268.56	15.28
Dirección	120	1,200.00	10.00
Aire	58	995.00	17.16
Escape	65	883.00	13.58
TOTAL	3096	47,319.00	

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 17: Diagrama de Pareto de las fallas de las unidades Volvo



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, las fallas que representan el 80% del tiempo total del tiempo de parada por fallas correctivas en las unidades Volvo, se dan en los sistemas de llantas, chasis, lubricación, eléctrico, combustible y frenos.

Tipos de fallas:

Cuadro N° 34: Tipos de fallas de las unidades Freightliner

N°	Lista de fallas	SISTEMA	FREIGHTLINER
1	El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	Admisión de aire	10
2	El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	Admisión de aire	25
3	Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	Admisión de aire	15
4	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Aire	30
5	Ruido excesivo del compresor de aire	Aire	55
6	Chasis torcido	Chasis	100
7	El camion anda desbalanceado	Chasis	50
8	Detonaciones de combustión	Combustible	15
9	Consumo de combustible excesivo	Combustible	20
10	Combustible en el aceite lubricante	Combustible	5
11	Rueda recalentada	Dirección	65
12	Ruedas desalineadas	Dirección	55
13	El alternador no carga o carga insuficiente	Eléctrico	20
14	El control de cruceo no funciona correctamente	Eléctrico	35
15	Falla de encendido	Eléctrico	45
16	El motor se apaga inesperadamente	Eléctrico	40
17	Baja presión de amplificación del turbocargador	Eléctrico	60
18	Fugas del turbocargador	Eléctrico	50
19	Perdida de refrigerante	Enfriamiento	80
20	Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	Enfriamiento	25
21	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	Enfriamiento	45
22	Humo negro excesivo	Escape	70
23	Humo blanco excesivo	Escape	30
24	El freno de motor no funciona	Frenos	20
25	Rueda frenada	Frenos	25
26	Falta de freno	Frenos	20
27	Fuga de aire	Frenos	18
28	Picadura de llantas	Llantas	100
29	Voladura de Llantas	Llantas	400
30	Llantas bajas(falta de aire)	Llantas	60
31	Aceite lubricante contaminado (alta)	Lubricación	100
32	Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	Lubricación	20
33	Aceite lubricante en el refrigerante	Lubricación	35
34	Cañerías oxidadas	Lubricación	20
35	Oxido en el aceite	Lubricación	25
36	Deficiente aceleración y respuesta del motor	Motor	5
37	El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	Motor	5
38	El motor desacelera lentamente	Motor	5
39	Ruido excesivo del motor	Motor	2
40	Baja salida de potencia del motor	Motor	9
41	El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	Motor	4
42	El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	Motor	2
43	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	Motor	7
44	Vibración del motor	Motor	12
45	El motor no gira o gira lentamente	Motor	6
46	Rotura de piezas por desgaste	Motor	7
			1852

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 35: Tipos de fallas de las unidades Volvo

N°	Lista de fallas	SISTEMA	VOLVO
1	El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	Admisión de aire	15
2	El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	Admisión de aire	25
3	Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	Admisión de aire	43
4	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Aire	20
5	Ruido excesivo del compresor de aire	Aire	38
6	Chasis torcido	Chasis	200
7	El camion anda desbalanceado	Chasis	120
8	Detonaciones de combustión	Combustible	50
9	Consumo de combustible excesivo	Combustible	25
10	Combustible en el aceite lubricante	Combustible	125
11	Rueda recalentada	Dirección	40
12	Ruedas desalineadas	Dirección	80
13	El alternador no carga o carga insuficiente	Eléctrico	65
14	El control de cruce no funciona correctamente	Eléctrico	70
15	Falla de encendido	Eléctrico	70
16	El motor se apaga inesperadamente	Eléctrico	20
17	Baja presión de amplificación del turbocargador	Eléctrico	50
18	Fugas del turbocargador	Eléctrico	75
19	Perdida de refrigerante	Enfriamiento	65
20	Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	Enfriamiento	35
21	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	Enfriamiento	40
22	Humo negro excesivo	Escape	30
23	Humo blanco excesivo	Escape	35
24	El freno de motor no funciona	Frenos	100
25	Rueda frenada	Frenos	45
26	Falta de freno	Frenos	60
27	Fuga de aire	Frenos	45
28	Picadura de llantas	Llantas	250
29	Voladura de Llantas	Llantas	450
30	Llantas bajas(falta de aire)	Llantas	250
31	Aceite lubricante contaminado (alta)	Lubricación	50
32	Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	Lubricación	75
33	Aceite lubricante en el refrigerante	Lubricación	95
34	Cañerías oxidadas	Lubricación	80
35	Oxido en el aceite	Lubricación	80
36	Deficiente aceleración y respuesta del motor	Motor	13
37	El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	Motor	13
38	El motor desacelera lentamente	Motor	13
39	Ruido excesivo del motor	Motor	20
40	Baja salida de potencia del motor	Motor	30
41	El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	Motor	12
42	El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	Motor	15
43	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	Motor	15
44	Vibración del motor	Motor	20
45	El motor no gira o gira lentamente	Motor	14
46	Rotura de piezas por desgaste	Motor	15
			3096

Fuente: Elaboración propia

5. Determinación de las técnicas y equipos predictivos

Para lograr determinar que técnica y equipo predictivo debo utilizar, esto se hará en función de los tipos de fallas mostrados en los cuadros N° 36 y N° 37. A continuación se muestran los equipos que serán necesarios para atender cada falla de cada equipo crítico.

Cuadro N° 36: Equipos predictivos en función de las fallas críticas - Freightliner

N°	LISTA DE FALLAS	PARAMETRO	EQUIPO PREDICTIVO	SISTEMA	FREIGHTLINER
1	El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Admisión de aire	10
2	El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Admisión de aire	25
3	Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	Temperatura	Termógrafo	Admisión de aire	15
4	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Aire	30
5	Ruido excesivo del compresor de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Aire	55
6	Chasis torcido	Fisuras en soldadura	kit de Líquidos penetrantes	Chasis	100
7	El camión anda desbalanceado	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Chasis	50
8	Detonaciones de combustión		Manual	Combustible	15
9	Consumo de combustible excesivo		Manual	Combustible	20
10	Combustible en el aceite lubricante	Viscosidad	Viscosímetro	Combustible	5
11	Rueda recalentada	Verificador de balanceamiento	Balaceadora de llantas	Dirección	65
12	Ruedas desalineadas	Verificador de balanceamiento	Balaceadora de llantas	Dirección	55
13	El alternador no carga o carga insuficiente	Temperatura	Termógrafo	Eléctrico	20
14	El control de cruceo no funciona correctamente	Temperatura	Termógrafo	Eléctrico	35
15	Falla de encendido	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	45
16	El motor se apaga inesperadamente	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	40
17	Baja presión de amplificación del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	60
18	Fugas del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	50
19	Perdida de refrigerante	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Enfriamiento	80
20	Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	Temperatura	Termógrafo	Enfriamiento	25
21	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	Temperatura	Termógrafo	Enfriamiento	45
22	Humo negro excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	Escape	70
23	Humo blanco excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	Escape	30
24	El freno de motor no funciona	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Frenos	20
25	Rueda frenada	Temperatura	Termógrafo	Frenos	25
26	Falta de freno	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Frenos	20
27	Fuga de aire	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Frenos	18
28	Picadura de llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	Llantas	100
29	Voladura de Llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	Llantas	400
30	Llantas bajas(falta de aire)	Medidor del aire	Medidor digital de presión de llantas	Llantas	60
31	Aceite lubricante contaminado (alta)	Viscosidad	Viscosímetro	Lubricación	100
32	Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	Viscosidad	Viscosímetro	Lubricación	20
33	Aceite lubricante en el refrigerante	Viscosidad	Viscosímetro	Lubricación	35
34	Cañerías oxidadas	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Lubricación	20
35	Oxido en el aceite	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Lubricación	25
36	Deficiente aceleración y respuesta del motor		Manual	Motor	5
37	El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	5
38	El motor desacelera lentamente	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	5
39	Ruido excesivo del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	2
40	Baja salida de potencia del motor		Manual	Motor	9
41	El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	4
42	El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	2
43	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	Tensión en líneas	Multímetro	Motor	7
44	Vibración del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	12
45	El motor no gira o gira lentamente		Manual	Motor	6
46	Rotura de piezas por desgaste	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Motor	7
					1852

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 37: Equipos predictivos en función de las fallas críticas - Volvo

N°	LISTA DE FALLAS	PARAMETRO	EQUIPO PREDICTIVO	SISTEMA	VOLVO
1	El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Admisión de aire	15
2	El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Admisión de aire	25
3	Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	Temperatura	Termógrafo	Admisión de aire	43
4	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Aire	20
5	Ruido excesivo del compresor de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Aire	38
6	Chasis torcido	Fisuras en soldadura	kit de Líquidos penetrantes	Chasis	200
7	El camión anda desbalanceado	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Chasis	120
8	Detonaciones de combustión		Manual	Combustible	50
9	Consumo de combustible excesivo		Manual	Combustible	25
10	Combustible en el aceite lubricante	Viscosidad	Viscosímetro	Combustible	125
11	Rueda recalentada	Verificador de balanceamiento	Balanceadora de llantas	Dirección	40
12	Ruedas desalineadas	Verificador de balanceamiento	Balanceadora de llantas	Dirección	80
13	El alternador no carga o carga insuficiente	Temperatura	Termógrafo	Eléctrico	65
14	El control de cruce no funciona correctamente	Temperatura	Termógrafo	Eléctrico	70
15	Falla de encendido	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	70
16	El motor se apaga inesperadamente	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	20
17	Baja presión de amplificación del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	50
18	Fugas del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	Eléctrico	75
19	Perdida de refrigerante	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Enfriamiento	65
20	Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	Temperatura	Termógrafo	Enfriamiento	35
21	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	Temperatura	Termógrafo	Enfriamiento	40
22	Humo negro excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	Escape	30
23	Humo blanco excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	Escape	35
24	El freno de motor no funciona	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Frenos	100
25	Rueda frenada	Temperatura	Termógrafo	Frenos	45
26	Falta de freno	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Frenos	60
27	Fuga de aire	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Frenos	45
28	Picadura de llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	Llantas	250
29	Voladura de llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	Llantas	450
30	Llantas bajas (falta de aire)	Medidor del aire	Medidor digital de presión de llantas	Llantas	250
31	Aceite lubricante contaminado (alta)	Viscosidad	Viscosímetro	Lubricación	50
32	Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	Viscosidad	Viscosímetro	Lubricación	75
33	Aceite lubricante en el refrigerante	Viscosidad	Viscosímetro	Lubricación	95
34	Cañerías oxidadas	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Lubricación	80
35	Oxido en el aceite	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Lubricación	80
36	Deficiente aceleración y respuesta del motor		Manual	Motor	13
37	El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	13
38	El motor desacelera lentamente	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	13
39	Ruido excesivo del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	20
40	Baja salida de potencia del motor		Manual	Motor	30
41	El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	12
42	El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	15
43	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	Tensión en líneas	Multímetro	Motor	15
44	Vibración del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	Motor	20
45	El motor no gira o gira lentamente		Manual	Motor	14
46	Rotura de piezas por desgaste	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	Motor	15
					3096

Fuente: Elaboración propia

Luego de identificados los parámetros a medir para cada falla, se determinó que los equipos necesarios para medir dichos parámetros son:

Cuadro N° 38: Equipos predictivos a adquirir para las inspecciones

LISTA DE EQUIPOS A ADQUIRIR	PRECIO UNITARIO(soles)	VIDA UTIL POR UNIDAD(AÑOS)	CANTIDAD	TOTAL
Fisurómetro	S/. 2,193.00	5	2	S/. 4,386.00
Vibrómetro	S/. 6,557.50	5	2	S/. 13,115.00
Viscosímetro	S/. 3,846.75	5	2	S/. 7,693.50
Balaceadora de llantas	S/. 7,510.00	5	2	S/. 15,020.00
Profundímetro	S/. 2,989.00	2	2	S/. 5,978.00
Medidor digital de presión de llantas	S/. 300.00	2	2	S/. 600.00
kit de Líquidos penetrantes	S/. 700.00	2	2	S/. 1,400.00
Multímetro	S/. 700.00	5	2	S/. 1,400.00
Termógrafo	S/. 12,880.50	5	1	S/. 12,880.50
Total				S/. 62,473.00

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver la inversión necesaria para la compra de los equipos predictivos es de S/. 62,473.00.

6. Determinación de la frecuencia de inspección.

Para determinar la frecuencia de inspección se usó la siguiente fórmula:

$$I = C \times F \times A.$$

Se mostrará cómo se calculó el octavo valor del cuadro N° XX, el cual es de 1 vez por año para la falla de combustible en aceite.

$$\text{Factor de costo}(C) = C_i / C_f = S/. 1,500 / S/8,533. = 0.176$$

$$\text{Tasa de fallas } (\lambda) = 1/\text{número de fallas} = 1/1=1$$

$$\text{Factor de falla } (F) = F_i / \lambda = 4 \text{ fallas por inspección} / 1 \text{ fallas por año} = 4 \text{ Años/ inspección.}$$

$$A = - \ln [1 - \text{EXP } (-\lambda)] = A = - \ln [1 - \text{EXP } (-0.10)] = 1.71$$

$$I = C \times F \times A = 0.176 \times 4 \text{ años / inspección} \times 1.71 = 1.20 \text{ años /inspección.}$$

Si se desea calcular la frecuencia de inspección (f), se calcula el inverso del intervalo de inspección: $f = 1 / 1.20 = 0.83$ veces/año, lo que se aproxima a 1 inspección por año. A continuación se muestra los cálculos para hallar la frecuencia de inspección de las unidades Freightliner y Volvo.

Cuadro N° 39: Frecuencia de inspección predictiva- Freightliner

FREIGHTLINER												
SISTEMA	FALLA	Analisis	EQUIPO	Costo de Lucro Cesante	Costo de Mto. Predictivo	Factor de Costo	Totalidad de Fallas que se puede detectar con la técnica predictiva	Tasa de Fallas	Factor de Falla	Factor de Ajuste	Intervalo de inspección predictiva	Frecuencia de Mto. Predictivo(N° veces/año)
Admisión de aire	El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 17,066.96	S/. 1,500.00	0.088	8	0.10	80.00	2.35	16.54	3
Admisión de aire	El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 42,667.40	S/. 1,500.00	0.035	8	0.04	200.00	3.24	22.77	3
Admisión de aire	Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	Temperatura	Termógrafo	S/. 25,600.44	S/. 1,500.00	0.059	8	0.07	120.00	2.74	19.27	3
Aire	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 51,200.88	S/. 1,500.00	0.029	8	0.03	240.00	3.42	24.03	3
Aire	Ruido excesivo del compresor de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 93,868.27	S/. 1,500.00	0.016	8	0.02	440.00	4.02	28.24	3
Chasis	Chasis torcido	Fisuras en soldadura	kit de Líquidos penetrantes	S/. 170,669.59	S/. 1,500.00	0.009	8	0.01	800.00	4.61	32.41	3
Chasis	El camion anda desbalanceado	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 85,334.79	S/. 1,500.00	0.018	8	0.02	400.00	3.92	27.58	1
Combustible	Combustible en el aceite lubricante	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 8,533.48	S/. 1,500.00	0.176	8	0.20	40.00	1.71	12.01	1
Dirección	Rueda recalentada	Verificador de balanceamiento	Balanceadora de llantas	S/. 110,935.23	S/. 1,500.00	0.014	8	0.02	520.00	4.18	29.40	1
Dirección	Ruedas desalineadas	Verificador de balanceamiento	Balanceadora de llantas	S/. 93,868.27	S/. 1,500.00	0.016	8	0.02	440.00	4.02	28.24	1
Eléctrico	El alternador no carga o carga insuficiente	Temperatura	Termógrafo	S/. 34,133.92	S/. 1,500.00	0.044	8	0.05	160.00	3.02	21.24	1
Eléctrico	El control de cruceo no funciona correctamente	Temperatura	Termógrafo	S/. 59,734.36	S/. 1,500.00	0.025	8	0.03	280.00	3.57	25.10	1
Eléctrico	Falla de encendido	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 76,801.31	S/. 1,500.00	0.020	8	0.02	360.00	3.82	26.84	1
Eléctrico	El motor se apaga inesperadamente	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 68,267.84	S/. 1,500.00	0.022	8	0.03	320.00	3.70	26.02	1
Eléctrico	Baja presión de amplificación del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 102,401.75	S/. 1,500.00	0.015	8	0.02	480.00	4.10	28.85	1
Eléctrico	Fugas del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 85,334.79	S/. 1,500.00	0.018	8	0.02	400.00	3.92	27.58	1
Enfriamiento	Perdida de refrigerante	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 136,535.67	S/. 1,500.00	0.011	8	0.01	640.00	4.39	30.85	1
Enfriamiento	Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	Temperatura	Termógrafo	S/. 42,667.40	S/. 1,500.00	0.035	8	0.04	200.00	3.24	22.77	2
Enfriamiento	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	Temperatura	Termógrafo	S/. 76,801.31	S/. 1,500.00	0.020	8	0.02	360.00	3.82	26.84	3
Escape	Humo negro excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 119,468.71	S/. 1,500.00	0.013	8	0.01	560.00	4.26	29.92	3
Escape	Humo blanco excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 51,200.88	S/. 1,500.00	0.029	8	0.03	240.00	3.42	24.03	2
Frenos	El freno de motor no funciona	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 34,133.92	S/. 1,500.00	0.044	8	0.05	160.00	3.02	21.24	2
Frenos	Rueda frenada	Temperatura	Termógrafo	S/. 42,667.40	S/. 1,500.00	0.035	8	0.04	200.00	3.24	22.77	1
Frenos	Falta de freno	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 34,133.92	S/. 1,500.00	0.044	8	0.05	160.00	3.02	21.24	1
Llantas	Picadura de llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	S/. 170,669.59	S/. 1,500.00	0.009	8	0.01	800.00	4.61	32.41	3
Llantas	Voladura de Llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	S/. 682,678.35	S/. 1,500.00	0.002	8	0.00	3200.00	5.99	42.14	3
Llantas	Llantas bajas(falta de aire)	Medidor del aire	Medidor digital de presión de llantas	S/. 102,401.75	S/. 1,500.00	0.015	8	0.02	480.00	4.10	28.85	1
Lubricación	Aceite lubricante contaminado (alta)	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 170,669.59	S/. 1,500.00	0.009	8	0.01	800.00	4.61	32.41	1
Lubricación	Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 34,133.92	S/. 1,500.00	0.044	8	0.05	160.00	3.02	21.24	1
Lubricación	Aceite lubricante en el refrigerante	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 59,734.36	S/. 1,500.00	0.025	8	0.03	280.00	3.57	25.10	1
Lubricación	Cañenas oxidadas	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 34,133.92	S/. 1,500.00	0.044	8	0.05	160.00	3.02	21.24	1
Lubricación	Oxido en el aceite	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 42,667.40	S/. 1,500.00	0.035	8	0.04	200.00	3.24	22.77	1
Motor	El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 8,533.48	S/. 1,500.00	0.176	8	0.20	40.00	1.71	12.01	2
Motor	El motor desacelera lentamente	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 8,533.48	S/. 1,500.00	0.176	8	0.20	40.00	1.71	12.01	2
Motor	Ruido excesivo del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 3,413.39	S/. 1,500.00	0.439	8	0.50	16.00	0.93	6.56	2
Motor	El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 6,826.78	S/. 1,500.00	0.220	8	0.25	32.00	1.51	10.61	1
Motor	El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 3,413.39	S/. 1,500.00	0.439	8	0.50	16.00	0.93	6.56	1
Motor	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 11,946.87	S/. 1,500.00	0.126	8	0.14	56.00	2.02	14.18	3
Motor		Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 20,480.35	S/. 1,500.00	0.073	8	0.08	96.00	2.53	17.76	3
Motor	Rotura de piezas por desgaste	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 11,946.87	S/. 1,500.00	0.126	8	0.14	56.00	2.02	14.18	1
											Número de OT	71

} Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 40: Frecuencia de inspección predictiva - Volvo

VOLVO												
SISTEMA	FALLA	Analisis	EQUIPO	Costo de Lucro Cesante	Costo de Mtto. Predictivo	Factor de Costo	Totalidad de Fallas que se puede detectar con la técnica predictiva	Tasa de Fallas	Factor de Falla	Factor de Ajuste	Intervalo de inspección predictiva	Frecuencia de Mtto. Predictivo(N° veces/año)
Admisión de aire	El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 49,638.41	S/. 1,500.00	0.030	8	0.07	120.00	2.74	9.94	3
Admisión de aire	El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 82,730.69	S/. 1,500.00	0.018	8	0.04	200.00	3.24	11.74	3
Admisión de aire	Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	Temperatura	Termógrafo	S/. 142,296.79	S/. 1,500.00	0.011	8	0.02	344.00	3.77	13.68	3
Aire	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 66,184.55	S/. 1,500.00	0.023	8	0.05	160.00	3.02	10.95	3
Aire	Ruido excesivo del compresor de aire	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 125,750.65	S/. 1,500.00	0.012	8	0.03	304.00	3.65	13.24	3
Chasis	Chasis torcido	Fisuras en soldadura	kit de Líquidos penetrantes	S/. 661,845.53	S/. 1,500.00	0.002	8	0.01	1600.00	5.30	19.22	3
Chasis	El camion anda desbalanceado	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 397,107.32	S/. 1,500.00	0.004	8	0.01	960.00	4.79	17.38	1
Combustible	Combustible en el aceite lubricante	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 413,653.46	S/. 1,500.00	0.004	8	0.01	1000.00	4.83	17.52	1
Dirección	Rueda recalentada	Verificador de balanceamiento	Balanceadora de llantas	S/. 132,369.11	S/. 1,500.00	0.011	8	0.03	320.00	3.70	13.42	1
Dirección	Ruedas desalineadas	Verificador de balanceamiento	Balanceadora de llantas	S/. 264,738.21	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	640.00	4.39	15.91	1
Eléctrico	El alternador no carga o carga insuficiente	Temperatura	Termógrafo	S/. 215,099.80	S/. 1,500.00	0.007	8	0.02	520.00	4.18	15.17	1
Eléctrico	El control de crucero no funciona correctamente	Temperatura	Termógrafo	S/. 231,645.94	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	560.00	4.26	15.43	1
Eléctrico	Falla de encendido	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 231,645.94	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	560.00	4.26	15.43	1
Eléctrico	El motor se apaga inesperadamente	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 66,184.55	S/. 1,500.00	0.023	8	0.05	160.00	3.02	10.95	1
Eléctrico	Baja presión de amplificación del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 165,461.38	S/. 1,500.00	0.009	8	0.02	400.00	3.92	14.22	1
Eléctrico	Fugas del turbocargador	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 248,192.07	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	600.00	4.32	15.68	2
Enfriamiento	Perdida de refrigerante	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 215,099.80	S/. 1,500.00	0.007	8	0.02	520.00	4.18	15.17	3
Enfriamiento	Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	Temperatura	Termógrafo	S/. 115,822.97	S/. 1,500.00	0.013	8	0.03	280.00	3.57	12.94	3
Enfriamiento	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	Temperatura	Termógrafo	S/. 132,369.11	S/. 1,500.00	0.011	8	0.03	320.00	3.70	13.42	2
Escape	Humo negro excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 99,276.83	S/. 1,500.00	0.015	8	0.03	240.00	3.42	12.39	2
Escape	Humo blanco excesivo	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 115,822.97	S/. 1,500.00	0.013	8	0.03	280.00	3.57	12.94	1
Frenos	El freno de motor no funciona	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 330,922.77	S/. 1,500.00	0.005	8	0.01	800.00	4.61	16.72	1
Frenos	Falta de freno	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 198,553.66	S/. 1,500.00	0.008	8	0.02	480.00	4.10	14.88	3
Frenos	Fuga de aire	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 148,915.24	S/. 1,500.00	0.010	8	0.02	360.00	3.82	13.84	3
Llantas	Picadura de llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	S/. 827,306.91	S/. 1,500.00	0.002	8	0.00	2000.00	5.52	20.03	1
Llantas	Voladura de Llantas	Desgaste de caucho	Profundímetro	S/. 1,489,152.44	S/. 1,500.00	0.001	8	0.00	3600.00	6.11	22.16	1
Llantas	Llantas bajas(falta de aire)	Medidor del aire	Medidor digital de presión de llantas	S/. 827,306.91	S/. 1,500.00	0.002	8	0.00	2000.00	5.52	20.03	1
Lubricación	Aceite lubricante contaminado (alta)	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 165,461.38	S/. 1,500.00	0.009	8	0.02	400.00	3.92	14.22	1
Lubricación	Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 248,192.07	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	600.00	4.32	15.68	1
Lubricación	Aceite lubricante en el refrigerante	Viscosidad	Viscosímetro	S/. 314,376.63	S/. 1,500.00	0.005	8	0.01	760.00	4.56	16.53	1
Lubricación	Cañerías oxidadas	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 264,738.21	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	640.00	4.39	15.91	2
Lubricación	Oxido en el aceite	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 264,738.21	S/. 1,500.00	0.006	8	0.01	640.00	4.39	15.91	2
Motor	El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 43,019.96	S/. 1,500.00	0.035	8	0.08	104.00	2.60	9.44	1
Motor	El motor desacelera lentamente	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 43,019.96	S/. 1,500.00	0.035	8	0.08	104.00	2.60	9.44	1
Motor	Ruido excesivo del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 66,184.55	S/. 1,500.00	0.023	8	0.05	160.00	3.02	10.95	3
Motor	El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 39,710.73	S/. 1,500.00	0.038	8	0.08	96.00	2.53	9.16	1
Motor	El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 49,638.41	S/. 1,500.00	0.030	8	0.07	120.00	2.74	9.94	1
Motor	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	Tensión en líneas	Multímetro	S/. 49,638.41	S/. 1,500.00	0.030	8	0.07	120.00	2.74	9.94	1
Motor	Vibración del motor	Análisis de vibraciones	Vibrómetro	S/. 66,184.55	S/. 1,500.00	0.023	8	0.05	160.00	3.02	10.95	1
Motor	Rotura de piezas por desgaste	Fisuras, roturas, fugas	Fisurómetro	S/. 49,638.41	S/. 1,500.00	0.030	8	0.07	120.00	2.74	9.94	1

Número de OT 68

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, quedó estipulado la cantidad de veces que se debe realizar las inspecciones en los equipos críticos para poder crear un historial para cada falla, y de esta forma lograr detectar el tiempo exacto cuando estas piezas deben ser revisadas o cambiadas y de esta manera aumentar la disponibilidad de los equipos.

b) Cronograma de Capacitación para el área de Mantenimiento

Adicional al plan de mantenimiento predictivo desarrollado anteriormente se debe de considerar tener un plan de capacitaciones para los trabajadores del área de mantenimiento, esto les permitirá conocer más acerca de este tipo de mantenimiento y de esta forma poder llevar a cabo el plan de inspecciones para las unidades críticas.

Los temas a capacitar serán dados por la empresa Tecsup, quien tiene cursos que tienen relación con temas de Mantenimiento predictivo.

A continuación se muestra en el cuadro N° 41, el cronograma de capacitación propuesto para todo el año, el cual consta de 5 capacitaciones.

Cuadro N° 41: Cronograma de capacitación de Mantenimiento

N°	CAPACITACIÓN	ÁREA	CRONOGRAMA												Proveedor	Costo	
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
1	Análisis vibracional - Manejo de equipos-predictivos	Mantenimiento	X													TECSUP	S/. 2,500
2	Análisis de falla (causa - raíz); RCA	Mantenimiento		X												TECSUP	S/. 2,500
3	Técnicas de Lubricación Industrial	Mantenimiento			X											TECSUP	S/. 2,500
4	Rodamientos y tipos en la industria Selección adecuada de rodamientos	Mantenimiento				X										TECSUP	S/. 2,500
5	Mantenimiento predictivo	Mantenimiento					X									TECSUP	S/. 2,500
6	Técnicas del Mantenimiento predictivo	Mantenimiento								X						TECSUP	S/. 2,500
7	Alineamiento de Maquinaria Industrial	Mantenimiento										X				TECSUP	S/. 2,500
8	Análisis de Fallas por Ultrasonido	Mantenimiento											X			TECSUP	S/. 2,500
															TOTAL	S/. 20,000.00	

Fuente: Elaboración Propia

c) Gestión de las relaciones con los proveedores (SRM)

El término "gestión de relaciones con los proveedores" (SRM, Supplier Relationship Management) hace referencia al uso de tecnologías por parte de una empresa para mejorar los mecanismos de suministro de sus proveedores. Como sucede con la gestión de relaciones con los empleados, este concepto se basa en la gestión de relaciones con el cliente.


El propósito de la SRM es permitir que la empresa mejore la comunicación con sus distintos proveedores, comparta con ellos una metodología, términos comerciales e información y mejore la familiaridad entre ellos con el fin de optimizar el proceso de suministro.

Pasos para la aplicación del SRM:

1. Diseño cooperativo: consiste en la integración de los problemas relativos al suministro desde el momento en que se diseña el producto al involucrar a los proveedores a través de una herramienta de diseño cooperativo mientras se aseguran costes mínimos en todos los niveles.
2. Identificación de los proveedores (también abastecimiento): su objetivo es identificar proveedores potenciales y calificarlos de acuerdo a sus costes, capacidad de producción, plazos de entrega y garantías de calidad. Al finalizar esta etapa, se invita a los mejores proveedores a presentar ofertas.
3. Selección de proveedores: se realiza por medio de un mecanismo de subasta inversa donde se invierten las funciones de comprador y vendedor. Las herramientas SRM poseen, por lo general, una interfaz de ofertas que permite realizar tres tipos de solicitudes (llamadas comúnmente "solicitud de x" y que se escribe SDx"):

4. Negociación: su propósito es formalizar el contrato entre la empresa y el proveedor que ha sido seleccionado. Es probable que se incluyan cláusulas relacionadas con la logística, las condiciones de pago, la calidad del servicio o cualquier otra obligación en particular.

Para el caso de T.R.C se desarrollará los pasos 2 y 3, los cuales se plasmara en el siguiente procedimiento:

	PROCESO DE SELECCIÓN Y EVALUACION DE PROVEEDORES	SEL-PROV.
		VERSIÓN: 1
		PÁG

1. OBJETIVO

Describir el proceso de selección y evaluación de proveedores que se lleva a cabo en la **Empresa de Transportes Rodríguez Carranza S.A.C.** para la adquisición de servicios o productos (repuestos, accesorios, mantenimiento de terceros, etc.).

2. ALCANCE


Este procedimiento aplica para todos los proveedores actuales y nuevos. El proceso de selección y evaluación de proveedores busca que los servicios o productos que se van a contratar estén dentro de los requisitos exigidos por la empresa.

3. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

- La coordinación de compras es responsabilidad del área logística.
- El dueño de cada proceso es quien establece los requisitos y necesidades de compra y solicita a la coordinación de compras y logística tramitar la cotización de un servicio o producto. En caso de ser una referencia nueva, el dueño de proceso puede solicitar cotización a proveedores sin intención de compra.
- Es responsabilidad del área Logística, la evaluación para la selección del proveedor, calificándolo mediante el formato establecido antes de ser contratado o adquirido su servicio o producto, y de acuerdo a los criterios de selección.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

- **Proveedor:** Persona o empresa que abastece servicios y/o productos.
- **Cliente:** El receptor de un servicio suministrado por el proveedor.
- **Selección de proveedor:** Proceso mediante el cual se escogen los proveedores de bienes y/o servicios para la empresa.
- **Evaluación de proveedores:** Proceso de verificación y valoración de la información inicial suministrada por los aspirantes a proveedores de la empresa.

	PROCESO DE SELECCIÓN Y EVALUACION DE PROVEEDORES	SEL-PROV.
		VERSIÓN: 1
		PÁG

5. METODOLOGÍA

5.1 SELECCIÓN, EVALUACIÓN Y RE-EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Para la selección y evaluación de proveedores se tendrán en cuenta los criterios que se presenten a continuación:


- El Coordinador de Compras y Logística realiza la solicitud de la información al proveedor. Posterior a esta verificación de información, el coordinador de compras y logística, valida la documentación y criterios definidos en el formato de selección y evaluación de proveedores, con base en los históricos de compras de la compañía del último año.
- La coordinación de compras y logística es quien define la aceptación del proveedor.
- La evaluación será desarrollada por la Coordinación de compras y logística quien solicitará planes de acción al proveedor cuando su calificación este por debajo de 310 puntos o cuando así sea superior a este puntaje considere necesario la mejora en algún aspecto por parte del proveedor. Esta evaluación se repite (re-evaluación) semestralmente.

En el formato de evaluación de proveedores, se encuentran 9 criterios, cada uno con una valoración diferente y un peso porcentual en la evaluación total del proveedor. En la Tabla N° 01 se describe el peso porcentual de cada uno de los factores y con los puntos asignados a cada uno

Tabla N° 01: Distribución porcentual

Factor	Puntos	%
Precio	100	24%
Tiempo de respuesta a la cotización	25	6%
Tiempo de retraso en la entrega	125	29%
Entrega	50	12%
Forma de pago	15	4%
Trayectoria	10	2%
Garantía	50	12%
Atención del proveedor	50	12%
Total	425	100%

Fuente: Elaboración propia


	PROCESO DE SELECCIÓN Y EVALUACION DE PROVEEDORES	SEL-PROV.
		VERSIÓN: 1
		PÁG

En la Tabla N° 02 se describen cada uno de los factores y los posibles puntos a asignar durante la evaluación a proveedores

Tabla N° 02: Factores y puntos

Precio	
Igual al promedio del mercado	60
Mayor que el promedio del mercado	30
Menor que el promedio del mercado	100
Tiempo de respuesta de cotización	
De 4 horas a 1 día	18
Entre 0 y 4 horas	25
Más de un día	10
Tiempo de retraso en la entrega	
0 días	125
1 - 2 días	100
3 - 10 días	75
Mayor a 10 días	50
Entrega	
Entrega en nuestras instalaciones (Con recargo)	50
Entrega en nuestras instalaciones (Sin recargo)	30
Se debe recoger el producto	15
Forma de pago	
Crédito 30 días	6
Crédito 45 días	9
Crédito 60 días	12
Crédito 90 días	15
Pago de contado	3
Trayectoria	
De 2 a 5 años	5
De 6 a 8 años	8
Más de 8 años	10
Menos de 2 años	3
Garantía	
No otorga garantía	0
Otorga garantía parcial	20
Otorga garantía total	50
Atención del proveedor	
Excelente	50
Mala	0
Regular	25

Fuente: Elaboración propia

	PROCESO DE SELECCIÓN Y EVALUACION DE PROVEEDORES	SEL-PROV.
		VERSIÓN: 1
		PÁG

Con los resultados obtenidos se obtiene un rango o promedio de calificación del contratista como se muestra en la Tabla N° 03.

Tabla N° 03: Clasificación de evaluación

CALIFICACIÓN OBTENIDA	
CLASIFICACIÓN	Rango
Empresas idóneas	>376
Empresa aceptable	Entre 310 y 375
Empresa para trabajar con supervisión continua	Entre 250 y 309
Empresas no aptas	<150

Fuente: Elaboración propia

Para mantener al proveedor dentro de la base de datos de la empresa, es necesario que el resultado de la evaluación anterior sea igual o superior a 310 puntos de 376 posibles, en caso de que la calificación del proveedor sea inferior a 150 puntos saldrá del listado de proveedores. A los proveedores que obtengan calificación aceptable se les debe solicitar trabajen en el fortalecimiento de los ítems en los cuales su calificación no fue la mejor. El seguimiento a estas mejoras se realizara trimestralmente.

5.1.1 Casos especiales de selección y evaluación

Se acepta la selección de un solo proveedor, en los siguientes casos:

- Que sea un requisito del cliente trabajar con alguien en particular (persona o empresa).
- El único en el mercado
- Definido por alianza estratégica

En todo caso, si para la selección se cuenta solo con un candidato, debe realizarse la evaluación de los aspectos estratégicos y comerciales.

Luego de desarrollado el proceso de selección y evaluación de proveedores, se procedió a realizar la evaluación de los proveedores actuales que tiene la empresa T.R.C S.A.C. Cabe mencionar que esto fue posible a la ayuda del área logística. A continuación se muestra la lista de proveedores con los que cuenta la empresa actualmente.

Cuadro N°42: Lista de proveedores de T.R.C. S.A.C.

PROVEEDORES DE T.R.C. S.A.C.	
AD CHEK INVERSIONES S.A.C	JP REPUESTOS EIRL
ADONAI TRADING S.A.	JWENVERT EMPRESA DE TRANSPORTES S.A.C
AGA S.A	K & G REPRESENTACIONES E.I.R.L
AUTO IMPORT ROMERO SAC	LA CASA DEL PERNO SRL
AUTOLATINA & CIA S.A	LIGURIA I S.R.L.
AUTOPARTES FERROSOS S.R.L	LLAMA GAS S.A.
AUTOREX PERUANA S A	LOPEZ BARRETO CESAR
B.A COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES S.A.C	LUBCOM SAC
CARPINTERIA METALICA PISFIL SRL	LUBRICANTES Y SERVICIOS JUNIOR S.A.C
CHOY CHUY IMPORT EXPORT S.R.L.	LUBRICENTRO EL PELAO S.R.L
CIPSUR E.I.R.L	M&M REPUESTOS Y SERVICIOS S.A.
CONFECCIONES WALT & TEX S.R.L	MANNUCCI DIESEL SAC
CONSORCIO J & M S.R.L.	MOTORES DIESEL ANDINOS S.A.
CONTRATISTAS GENERALES CACERES SRL	MULTIGASESSILVA E.I.R.L
COORPORACION VIENTO LIBRE S.R.L	NEGOCIACIONES CAVASUR SAC
COPY VENTAS S.R.L	NEPESA S.A.C.
CORPORACION DISTRIBUIDORA ATLANTICA SAC	NEUMA PERU CONTRATISTAS GENERALES S.A.C
CORPORACION SEALER'S S.A.	NEUMATICOS CHICLAYO EIRL
DISVAR LUBRICANTES SAC	OFICENTRO SAC
DIVECENTER S.A.C	OXIMER EIRL
ECKERD PERU S.A.	PERNOS REPUESTOS Y ACESORIOS INDUSTRIALES SAC
EDITORA EL OVALO S.A.	PLASTIMAR EIRL
EL GRINGO SERVICE AUTOBOUTIQUE E.I.R.L	PLAZA VEA SUPERMERCADOS PERUANOS S.A.
ELECTRONICA UNIVERSAL EIRL	PROBINSE INDUSTRIAL S.A.C.
EMBRAGUES POCHO S.A.C.	PROCESOS INDUSTRIALES SACORT SAC
EMPRESA COMERCIAL G&R SAC	PRODTAPIZ S.R.LTDA.
EMPRESA DE TRANSPORTE HUANCHACO SAC	PROMAS INVERSIONES S.A.C.
EMPRESA ESTACION DE SERVICIOS GENERALES JORGE E.I.R.L	PUNTO DIGITAL S.R.L.
EMPRESA INDUSTRIA TRENSADO PERUANO E.I.R.L	PUNTOIMPRESO E.I.R.L
ENRRIQUE CASSINELLI E HIJOS S.A.C	QUIMEX S.A
EPYSA PERU S.A.C	QUIMICA REGASA SAC
EQUIPOS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL S.R.L	R Y L REPUESTOS S R L
FACTORIA PALACIOS S.A.C	R&S DISTRIBUIDORES S.A.C.
FASIMAR E.I.R.L	RASH PERU SAC
FEPUBRA SRL	REPRESENTACIONES Y SERVICIOS SAN JORGE S.R.L
FERRETERIA JUPESCO HERMANOS SAC	REPRESENTACIONES GENERALES PERU S.A.
FERRETERIA - MATIZADOS PINTAKI	REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.
FERRETERIA E INVERSIONES NACARINO S.A.C	REPUESTOS PARA UNIDADES DIESEL IMPORTACIONES S.A.C.
FERRETERIA GARCIA SAC	REPUESTOS SANTA ANA SRL
FERRETERIA INDUSTRIAL KOU S.A.C	REPUESTOS SANTA MONICA S.A.C.
FERRETERIA INDUSTRIAL SAC	REPUESTOS Y ACCESORIOS R & R S.A.C
FERRETERIA LORITO SA	REPUESTOS Y SERVICIOS ELECTRICOS ANGULO
FERRETERIA Y MATIZADOS A TODO COLOR E.I.R.L	REPUESTOS Y SERVICIOS ELECTRICOS DIESEL AUTOMOTRIZ EIRL
FERRETEROS DEL NORTE S.A.C.	RH-CAR AUTOBOUTIQUE SAC
FRENO S.A.	ROCA PE SERVICIOS E.I.R.L
FULL TRADING SRL	SAGA FALABELLA S.A
GRIFO ESTRELLA DE DAVID E.I.R.L	SANTO TOMAS S.A.C.
GRIFO F.J. SERVICE S.R.L	SEGURINDUSTRIA S.A.C

Fuente: Elaboración propia

A continuación en el cuadro N °43 se podrá visualizar la evaluación realizada.

Cuadro N° 43: Evaluación de proveedores de T.R.C S.A.C.

NOMBRE DEL PROVEEDOR	CRITERIOS DE EVALUACIÓN								PUNTAJE	CLASIFICACIÓN
	Precio	Tiempo de respuesta a la cotización	Tiempo de retraso en la entrega	Entrega	Forma de pago	Trayectoria	Garantía	Atencion del proveedor		
AD CHEK INVERSIONES S.A.C	60	10	125	30	6	5	0	25	261	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
ADONAI TRADING S.A.	100	25	100	50	15	10	50	50	400	EMPRESA IDONEA
AGA S.A	100	25	125	30	12	10	0	25	327	EMPRESA ACEPTABLE
AUTO IMPORT ROMERO SAC	30	10	75	30	15	3	50	25	238	NO APTA
AUTOLATINA & CIA S.A	60	18	100	50	3	5	20	50	306	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
AUTOPARTES FERROSOS S.R.L	100	25	125	50	15	10	50	50	425	EMPRESA IDONEA
AUTOREX PERUANA S A	30	25	75	15	12	10	0	50	217	NO APTA
B.A COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES S.A.C	60	18	75	15	12	5	0	25	210	NO APTA
CARPINTERIA METALICA PISFIL SRL	30	18	100	30	12	5	0	25	220	NO APTA
CHOY CHUY IMPORT EXPORT S.R.L.	100	25	125	50	12	10	20	50	392	EMPRESA IDONEA
CIPSUR E.I.R.L	100	10	125	50	12	10	50	25	382	EMPRESA IDONEA
CONFECCIONES WALT & TEX S.R.L	30	25	100	30	12	8	0	50	255	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
CONSORCIO J & M S.R.L.	60	10	75	15	12	8	0	50	230	NO APTA
CONTRATISTAS GENERALES CACERES SRL	60	18	100	15	6	8	20	25	252	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
COORDINACION VIENTO LIBRE S.R.L	100	18	100	15	9	8	20	25	295	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
COPY VENTAS S.R.L	100	25	125	50	12	10	50	25	397	EMPRESA IDONEA
CORPORACION DISTRIBUIDORA ATLANTICA SAC	60	18	100	30	15	8	0	25	256	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
CORPORACION SEALER'S S.A.	30	25	100	15	12	10	0	50	242	NO APTA
DISVAR LUBRICANTES SAC	30	25	125	15	12	3	0	50	260	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
DIVECENTER S.A.C	60	18	100	30	6	5	0	50	269	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
ECKERD PERU S.A.	100	10	125	50	12	8	50	50	405	EMPRESA IDONEA
EDITORIA EL OVALO S.A.	60	25	125	15	6	10	20	25	286	EMPRESA CON SUPERVISIÓN
EL GRINGO SERVICE AUTOBOUTIQUE E.I.R.L	30	18	100	15	3	10	0	50	226	NO APTA
ELECTRONICA UNIVERSAL EIRL	60	25	125	50	6	10	0	50	326	EMPRESA ACEPTABLE
EMBRAGUES POCHO S.A.C.	100	25	125	50	3	5	50	50	408	EMPRESA IDONEA
EMPRESA COMERCIAL G&R SAC	100	18	125	50	6	10	20	50	379	EMPRESA IDONEA
EMPRESA DE TRANSPORTE HUANCHACO SAC	30	18	100	15	5	5	0	25	198	NO APTA
EMPRESA ESTACION DE SERVICIOS GENERALES JORGE E.I.R.L	30	18	100	15	9	5	0	50	227	NO APTA
EMPRESA INDUSTRIA TRENADO PERUANO E.I.R.L	60	18	75	30	12	8	20	25	248	NO APTA
ENRRIQUE CASSINELLI E HIJOS S.A.C	100	10	125	50	12	10	50	25	382	EMPRESA IDONEA
EPYSA PERU S.A.C	100	18	125	50	12	10	50	50	415	EMPRESA IDONEA
EQUIPOS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL S.R.L	60	25	100	15	9	5	0	25	239	NO APTA
FACTORIA PALACIOS S.A.C	60	18	75	30	9	8	20	25	245	NO APTA
FASIMAR E.I.R.L	100	25	125	50	12	10	50	25	397	EMPRESA IDONEA
FEPAUBRA SRL	100	18	125	30	12	10	50	50	395	EMPRESA IDONEA
FERRETERIA JUPESCO HERMANOS SAC	30	18	100	30	15	8	0	25	226	NO APTA
FERRETERIA - MATIZADOS PINTAKI	60	10	100	15	12	8	0	25	230	NO APTA

Fuente: Elaboración propia

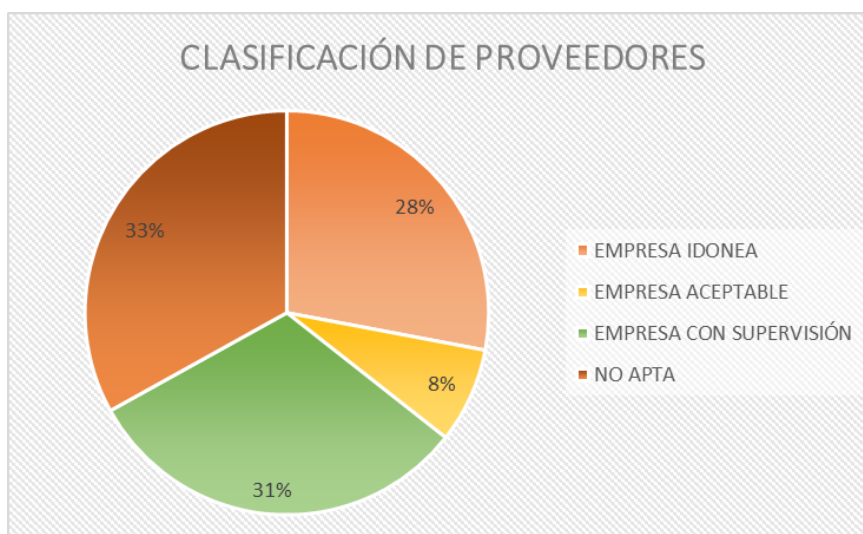
Como se puede visualizar en el cuadro N°44, luego de la evaluación de todos los proveedores con el proceso propuesto se llegó a determinar que de los 118 proveedores actuales, el 33% se clasifican como empresas idóneas y 9% son empresas aceptables. El otro 64% restante están entre empresas que se tiene que trabajar con supervisión y no aptas.

Cuadro N° 44: Clasificación de proveedores de T.R.C. S.A.C.

CLASIFICACIÓN	N°	%
EMPRESA IDONEA	33	28%
EMPRESA ACEPTABLE	9	8%
EMPRESA CON SUPERVISIÓN	37	31%
NO APTA	39	33%
TOTAL	118	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 18: Participación de los proveedores



Fuente: Elaboración Propia

A los proveedores que obtuvieron una calificación aceptable se les debe solicitar que sigan trabajando de la misma manera. Con los proveedores que obtuvieron una calificación de empresa no aptas se debe buscar más proveedores para reemplazarlos.

d) Clasificación de los repuestos en función de la criticidad

Uno de los problemas logísticos y que afecta directamente al área de mantenimiento es los tiempos por las demoras en la entrega de repuestos para las máquinas cuando se le produce una falla correctiva. Esto ocasiona que el mantenimiento se demore más de lo necesario y esto debido a que el área logística desconoce cuáles son los repuestos críticos para las máquinas.

Por ello a continuación se desarrollará la clasificación de los repuestos en función de su criticidad.

Para ello se tomó como referencia una metodología que consiste en evaluar cada repuesto en función de criterios que fueron determinados por un equipo de mantenimiento.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

La asignación de puntuación es (1) muy bajo, (2) bajo, (3) medio, (4) alto.

Los criterios a considerar para este análisis son 6:

- a) Frecuencia de falla
- b) Tiempo promedio para reparar
- c) Impacto operacional
- d) Impacto para seguridad
- e) Costo del repuesto
- f) Tiempo de llegada del repuesto al almacén

A continuación se muestra en el cuadro N°45, los criterios para realizar el análisis de criticidad

Cuadro N° 45: Criterios para realizar el análisis de criticidad

FACTOR	VALOR
FRECUENCIA DE FALLA	
Una sola falla cada dos años	1
una sola falla cada año	2
Entre 2 a 6 fallas al año	3
Mas de 6 fallas al año	4
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	
Menos de 1 hora	1
Entre 1 y 3 horas	2
Entre 4 y 8 horas	3
Más de 9 horas	4
IMPACTO OPERACIONAL	
Afecta menos del 10% de la producción	1
Afecta entre 10% y 30% de la producción	2
Afecta entre 30% y 50% de la producción	3
Afecta más del 50% de la producción	4
IMPACTO EN SEGURIDAD	
Ningún riesgo sobre personas o instalaciones	1
Riesgo bajo sobre las personas e instalaciones	2
Riesgo medio sobre las personas e instalaciones	3
Riesgo alto sobre las personas e instalaciones	4
COSTO DEL REPUESTO	
Menos de 1000 soles	1
Entre 1000 y 5000 soles	2
Entre 5000 y 10000 soles	3
Más de 10000 soles	4
TIEMPO DE LLEGADA DEL REPUESTO AL ALMACÉN	
Menos de 8 días	1
Entre 8 días y 1 mes	2
Entre 1 mes y 4 meses	3
Más de 4 meses	4

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el rango de criticidad, cuando se obtienen la puntuación final

Cuadro N° 46: Rango de criticidad

CRITICIDAD	RANGO
ALTA	$46 \leq \text{VALOR} \leq 80$
MEDIA	$31 \leq \text{VALOR} \leq 45$
BAJA	$5 \leq \text{VALOR} \leq 30$

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el análisis de criticidad de los repuestos para cada equipo crítico.

Cuadro N° 47: Análisis de criticidad de los repuestos de las unidades Freightliner

N°	DESCRIPCIÓN	FREIGHTLINER							CRITICIDAD
		FF	CONSECUENCIA DE FALLA(CF)				FF X CF		
		FRECUENCIA DE FALLA	TIEMPO PROMEDIO DE REPRACIÓN MTTR	INPACTO OPERACIONAL(IO)	IMPACTO EN LA SEGURIDAD(IS)	COSTO DEL REPUESTO(CR)	TIEMPO DE LLEGADA DEL REPUESTO AL ALMACÉN (TRA)	INDICE DE CRITICIDAD (IC)	
1	accesorios , jebes	4	4	4	2	1	1	48	ALTA
2	aceite(gl)	4	4	4	2	1	1	48	ALTA
3	alternador nuevo	3	2	1	1	1	1	18	BAJA
4	baterias	3	2	1	1	1	1	18	BAJA
5	Bomba de combustible	4	4	4	2	1	1	48	ALTA
6	cañería (fierro)	3	2	1	2	1	1	21	BAJA
7	cañerías de jebe (mt)	3	2	1	2	1	1	21	BAJA
8	cañerías nuevas	3	4	4	2	1	1	36	MEDIA
9	compresor de aire	3	2	1	1	1	1	18	BAJA
10	faja de distribución	3	2	1	1	2	1	21	BAJA
11	gobernador de aire	4	4	4	2	1	1	48	ALTA
12	grasa líquida (lt)	3	2	1	1	1	1	18	BAJA
13	grasa(kg)	3	4	4	2	1	1	36	MEDIA
14	inyectores de la bomba	4	4	4	2	1	1	48	ALTA
15	juego de zapatas	3	3	2	2	3	3	39	MEDIA
16	kit de Anillos	4	2	4	3	4	3	64	ALTA
17	kit de motor	3	3	1	4	4	2	42	MEDIA
18	kit muñon,retenes , jebes	3	1	2	3	3	3	36	MEDIA
19	liquido de freno (450 ml)	3	1	4	1	2	4	36	MEDIA
20	llanta nueva	3	4	2	2	1	4	39	MEDIA
21	parches	3	4	3	4	3	2	48	ALTA
22	piezas nuevas	3	3	4	3	2	4	48	ALTA
23	refrigerante(gl)	4	2	2	1	4	3	48	ALTA
24	relay, sensores	3	1	4	2	2	4	39	MEDIA
25	resorte de acelerador	3	4	1	3	3	4	45	MEDIA
26	soldadura(kilos)	3	3	3	1	2	2	33	MEDIA
27	soportes de motor	3	2	2	4	3	3	42	MEDIA
28	Termostato	4	4	3	4	2	4	68	ALTA
29	turbo	3	3	3	4	4	4	54	ALTA
30	turbocargador	3	3	3	3	4	2	45	MEDIA
31	valcula pulpo	3	4	2	3	1	1	33	MEDIA
32	ventilador	3	3	1	3	2	3	36	MEDIA
33	cañerías nuevas	4	3	4	4	3	3	68	ALTA
34	resorte de acelerador	4	3	2	2	4	2	52	ALTA
35	kit de motor	3	2	3	1	4	1	33	MEDIA

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 48: Análisis de criticidad de los repuestos de las unidades Volvo

VOLVO									CRITICIDAD
N°	DESCRIPCIÓN	FF	CONSECUENCIA DE FALLA(CF)				FF X CF		
		FRECUENCIA DE FALLA	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN MTTR	INPACTO OPERACIONAL(IO)	IMPACTO EN LA SEGURIDAD(IS)	COSTO DEL REPUESTO(CR)	TIEMPO DE LLEGADA DEL REPUESTO AL ALMACÉN (TRA)	INDICE DE CRITICIDAD (IC)	
1	aceite(gl)	3	3	3	4	1	4	45	MEDIA
2	alternador nuevo	4	2	2	2	2	1	36	MEDIA
3	baterias	3	2	2	4	2	4	42	MEDIA
4	Bomba de combustible	2	3	1	4	4	2	28	BAJA
5	cañeria (fierro)	4	3	3	3	1	3	52	ALTA
6	cañerías de jebe (mt)	4	2	1	4	3	1	44	MEDIA
7	cañerías nuevas	2	4	1	3	4	2	28	BAJA
8	compresor de aire	1	2	4	3	4	1	14	BAJA
9	faja de alternador	1	1	4	3	2	1	11	BAJA
10	faja de distribución	2	2	3	4	2	2	26	BAJA
11	gobernador de aire	3	4	1	2	1	4	36	MEDIA
12	grasa líquida (lt)	1	1	1	4	1	2	9	BAJA
13	grasa(kg)	1	4	1	4	2	2	13	BAJA
14	Inyectores de la bomba	3	3	2	4	4	3	48	ALTA
15	Juego de valvulas	1	4	3	3	2	1	13	BAJA
16	juego de zapatas	4	3	3	4	4	2	64	ALTA
17	kit de Anillos	3	2	2	2	2	1	27	BAJA
18	kit de motor	1	1	1	1	4	2	9	BAJA
19	kit muñon,retenes , jebes	1	2	1	3	4	1	11	BAJA
20	liquido de freno (450 ml)	4	2	2	1	3	1	36	MEDIA
21	llanta nueva	4	4	3	1	4	4	64	ALTA
22	multiple de admisión	4	3	1	3	2	3	48	ALTA
23	parches	4	1	1	4	1	4	44	MEDIA
24	piezas nuevas	3	4	3	1	3	3	42	MEDIA
25	refrigerante(gl)	4	2	1	2	4	3	48	ALTA
26	relays, transformadores	1	1	4	1	2	3	11	BAJA
27	resorte de acelerador	4	4	2	2	3	1	48	ALTA
28	soldadura(kilos)	4	4	4	2	1	3	56	ALTA
29	soportes de motor	1	3	1	2	1	2	9	BAJA
30	termostato	3	1	3	1	1	4	30	BAJA
31	turbo	1	4	1	4	1	4	14	BAJA
32	turbocargador	4	1	1	4	4	4	56	ALTA
33	valvula de admisión	2	3	1	1	4	2	22	BAJA

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizado el análisis de criticidad de los repuestos para cada equipo crítico se realizó un resumen con los repuestos en los que se obtuvo una criticidad alta y media.

**Cuadro N° 49: Resumen del análisis de criticidad de los repuestos
Freightliner**

RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD		
UNIDAD	REPUESTO	CRITICIDAD
FREIGHTLINER	accesorios , jebes	ALTA
	aceite(gl)	ALTA
	Bomba de combustible	ALTA
	governador de aire	ALTA
	Inyectores de la bomba	ALTA
	kit de Anillos	ALTA
	parches	ALTA
	piezas nuevas	ALTA
	refrigerante(gl)	ALTA
	Termostato	ALTA
	turbo	ALTA
	cañerías nuevas	ALTA
	resorte de acelerador	ALTA
	soportes de motor	ALTA
	cañerías nuevas	MEDIA
	grasa(kg)	MEDIA
	juego de zapatas	MEDIA
	kit de motor	MEDIA
	kit muñon,retenes , jebes	MEDIA
	liquido de freno (450 ml)	MEDIA
	llanta nueva	MEDIA
	relay, sensores	MEDIA
	resorte de acelerador	MEDIA
	soldadura(kilos)	MEDIA
	soportes de motor	MEDIA
	turbocargador	MEDIA
	valcula pulpo	MEDIA
	ventilador	MEDIA
	kit de motor	MEDIA
	soportes de motor	MEDIA
turbo	MEDIA	
faja de distribución	MEDIA	
ventilador	MEDIA	
piezas nuevas	MEDIA	

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 50: Resumen del análisis de criticidad de los repuestos
Volvo**

RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD		
UNIDAD	REPUESTO	CRITICIDAD
VOLVO	cañería (fierro)	ALTA
	Inyectores de la bomba	ALTA
	juego de zapatas	ALTA
	llanta nueva	ALTA
	multiple de admisión	ALTA
	refrigerante(gl)	ALTA
	resorte de acelerador	ALTA
	soldadura(kilos)	ALTA
	turbocargador	ALTA
	aceite(gl)	MEDIA
	alternador nuevo	MEDIA
	baterias	MEDIA
	cañerías de jebe (mt)	MEDIA
	gobernador de aire	MEDIA
	liquido de freno (450 ml)	MEDIA
	parches	MEDIA
	piezas nuevas	MEDIA

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinado los repuestos críticos, se procedió a elegir un método que permita hallar cual es la cantidad de repuestos que se necesita tener en el almacén, para de esta manera disminuir el tiempo en la entrega de repuestos hacia el área de mantenimiento.

e) Gestión de Inventarios

Dentro del manejo de inventarios para el área de mantenimiento el cual tiene la finalidad de determinar cuál es la cantidad necesaria de repuestos en el almacén se encuentran 3 métodos:

- a) Aproximación gráfica: Se usa este método cuando la población de equipos es grande y los datos de las fallas están disponibles y el modo de falla es similar e importante en todos ellos.
- b) Aproximación analítica: Para aplicar este método es necesario hallar la tasa de fallas de una parte específica y mediante una

formula se puede determinar la cantidad de repuestos necesarios para el periodo de un año

- c) Modelo EOQ: La Cantidad Económica de Pedido (conocida en inglés como Economic Order Quantity o por las siglas EOQ), es el modelo fundamental para el control de inventarios. Es un método que, tomando en cuenta la demanda determinista de un producto (es decir, una demanda conocida y constante), el costo de mantener el inventario, y el costo de ordenar un pedido, produce como salida la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar costos por mantenimiento del producto. El principio del EOQ es simple, y se basa en encontrar el punto en el que los costos por ordenar un producto y los costos por mantenerlo en inventario son iguales.

Luego de explicar cuáles son los métodos existente para determinar la cantidad de repuestos, se determinó utilizar el método de Aproximación analítica debido a que se cuenta con la información necesaria para poder usar este método.

La fórmula con la que se calcula la cantidad de repuestos es la siguiente:

$$N = \frac{t}{T} + \sqrt{\frac{t}{T}} X Z$$

Donde:

N= Cantidad de repuestos a hallar

T=1/λ donde

λ = número de fallas por hora

t = tiempo de funcionamiento del repuesto

z= valor de confidencialidad, para un 95% z= 1.96 y para 99% z= 2.57

En los cuadros siguientes se muestra los cálculos de la aproximación analítica de la cantidad de repuestos para cada tipo de falla de las unidades Freightliner y Volvo.

Cuadro N° 51: Aproximación analítica de los repuestos inicial – Freightliner

FALLAS	FALLAS POR AÑO	MTBF	REPUESTO	CANTIDAD DE REPUESTOS	T	t(operación en horas)	Tasa de fallas (λ)	Z	CANTIDAD DE REPUESTOS EN EL AÑO(N) APROX ANALI.
El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	10	93	compresor de aire	5	9.3	45	0.11	2.575	11
El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	25	93	kit de Anillos	20	3.7	48	0.27	2.575	22
Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	15	93	Termostato	12	6.2	50	0.16	2.575	15
La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	30	93	gobernador de aire	20	3.1	56	0.32	2.575	29
Ruido excesivo del compresor de aire	55	93	accesorios , jebes	35	1.7	50	0.59	2.575	44
Chasis torcido	100	93	soldadura(kilos)	250	0.9	250	1.08	2.575	311
El camion anda desbalanceado	50	93	soldadura(kilos)	80	1.9	200	0.54	2.575	134
Detonaciones de combustión	15	93	Bomba de combustible	10	6.2	60	0.16	2.575	18
Consumo de combustible excesivo	20	93	Inyectores de la bomba	15	4.7	65	0.22	2.575	24
Combustible en el aceite lubricante	5	93	aceite(gl)	25	18.6	600	0.05	2.575	47
Rueda recalentada	65	93	kit muñon,retenes , jebes	65	1.4	100	0.70	2.575	91
Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	25	93	termostato	20	3.7	50	0.27	2.575	23
Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	45	93	termostato	25	2.1	50	0.48	2.575	37
Humo negro excesivo	70	93	aceite(gl)	120	1.3	150	0.75	2.575	140
Humo blanco excesivo	30	93	aceite(gl)	120	3.1	350	0.32	2.575	140
El freno de motor no funciona	20	93	liquido de freno (450 ml)	35	4.7	140	0.22	2.575	44
Rueda frenada	25	93	grasa liquida (lt)	75	3.7	360	0.27	2.575	122
Falta de freno	20	93	juego de zapatas	40	4.7	200	0.22	2.575	60
Fuga de aire	18	93	cañerías de jebes (mt)	120	5.2	800	0.19	2.575	187
Picadura de llantas	100	93	parches	89	0.9	100	1.08	2.575	134
Voladura de Llantas	400	93	llanta nueva	400	0.2	90	4.30	2.575	438
Llantas bajas(falta de aire)	60	93	parches	20	1.6	100	0.65	2.575	85
Aceite lubricante contaminado (alta)	100	93	aceite(gl)	500	0.9	500	1.08	2.575	597
Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	20	93	aceite(gl)	100	4.7	500	0.22	2.575	134
Aceite lubricante en el refrigerante	35	93	aceite(gl)	175	2.7	500	0.38	2.575	223
Cañerías oxidadas	20	93	cañerías nuevas	18	4.7	75	0.22	2.575	26
Oxido en el aceite	25	93	aceite(gl)	125	3.7	600	0.27	2.575	194
Deficiente aceleración y respuesta del motor	5	93	resorte de acelerador	5	18.6	70	0.05	2.575	9
El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	5	93	kit de motor	5	18.6	70	0.05	2.575	9
El motor desacelera lentamente	5	93	resorte de acelerador	5	18.6	70	0.05	2.575	9
Ruido excesivo del motor	2	93	soportes de motor	1	46.5	70	0.02	2.575	5
Baja salida de potencia del motor	9	93	turbo	6	10.3	70	0.10	2.575	13
El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	4	93	faja de distribución	3	23.3	60	0.04	2.575	7
El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	2	93	faja de distribución	2	46.5	60	0.02	2.575	4
El motor arranca pero no se mantiene funcionando	7	93	faja de distribución	6	13.3	60	0.08	2.575	10
Vibración del motor	12	93	soportes de motor	10	7.8	70	0.13	2.575	17
El motor no gira o gira lentamente	6	93	ventilador	4	15.5	30	0.06	2.575	6
Rotura de piezas por desgaste	7	93	piezas nuevas	14	13.3	55	0.08	2.575	9
				3135					4097

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 52: Aproximación analítica de los repuestos con la propuesta de mejora –Freightliner

FALLAS	FALLAS POR AÑO	REDUCCIÓN DE FALLAS	FALLAS EN 1 AÑO (ESPERADO)	MTBF	MTBF ESPERADO	REPUESTO	CANTIDAD DE REPUESTOS	CANTIDAD DE REPUESTOS EN EL AÑO(N) APROX ANALI.	CON LA MEJORA				
									T	t(operación en horas)	Tasa de fallas (λ)	Z	CANTIDAD DE REPUESTOS EN EL AÑO(N)
El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	10	2	8	93	120	compresor de aire	5	11	15	45	0.07	2.575	7
El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	25	5	20	93	120	kit de Anillos	20	22	6	48	0.17	2.575	15
Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	15	3	12	93	120	Termostato	12	15	10	50	0.10	2.575	11
La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	30	6	24	93	120	gobernador de aire	20	29	5	56	0.20	2.575	20
Ruido excesivo del compresor de aire	55	11	44	93	120	accesorios , jebes	35	44	3	50	0.37	2.575	29
Chasis torcido	100	20	80	93	120	soldadura(kilos)	250	311	2	250	0.66	2.575	199
El camion anda desbalanceado	50	10	40	93	120	soldadura(kilos)	80	134	3	200	0.33	2.575	87
Detonaciones de combustión	15	3	12	93	120	Bomba de combustible	10	18	10	60	0.10	2.575	12
Consumo de combustible excesivo	20	4	16	93	120	inyectores de la bomba	15	24	8	65	0.13	2.575	16
Combustible en el aceite lubricante	5	1	4	93	120	aceite(gl)	25	47	30	600	0.03	2.575	31
Rueda recalentada	65	13	52	93	120	kit muñon,retenes , jebes	65	91	2	100	0.43	2.575	60
Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	25	5	20	93	120	termostato	20	23	6	50	0.17	2.575	16
Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	45	9	36	93	120	termostato	25	37	3	50	0.30	2.575	25
Humo negro excesivo	70	14	56	93	120	aceite(gl)	120	140	2	150	0.47	2.575	91
Humo blanco excesivo	30	6	24	93	120	aceite(gl)	120	140	5	350	0.20	2.575	91
El freno de motor no funciona	20	4	16	93	120	liquido de freno (450 ml)	35	44	8	140	0.13	2.575	30
Rueda frenada	25	5	20	93	120	grasa líquida (lt)	75	122	6	360	0.17	2.575	80
Falta de freno	20	4	16	93	120	juego de zapatas	40	60	8	200	0.13	2.575	40
Fuga de aire	18	3.6	14.4	93	120	cañerías de jebe (mt)	120	187	8	800	0.12	2.575	121
Picadura de llantas	100	20	80	93	120	parches	89	134	2	100	0.66	2.575	87
Voladura de Llantas	400	80	320	93	120	llanta nueva	400	438	0	90	2.66	2.575	279
Llantas bajas(falta de aire)	60	12	48	93	120	parches	20	85	3	100	0.40	2.575	56
Aceite lubricante contaminado (alta)	100	20	80	93	120	aceite(gl)	500	597	2	500	0.66	2.575	379
Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	20	4	16	93	120	aceite(gl)	100	134	8	500	0.13	2.575	87
Aceite lubricante en el refrigerante	35	7	28	93	120	aceite(gl)	175	223	4	500	0.23	2.575	144
Cañerías oxidadas	20	4	16	93	120	cañerías nuevas	18	26	8	75	0.13	2.575	18
Oxido en el aceite	25	5	20	93	120	aceite(gl)	125	194	6	600	0.17	2.575	125
Deficiente aceleración y respuesta del motor	5	1	4	93	120	resorte de acelerador	5	9	30	70	0.03	2.575	6
El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	5	1	4	93	120	kit de motor	5	9	30	70	0.03	2.575	6
El motor desacelera lentamente	5	1	4	93	120	resorte de acelerador	5	9	30	70	0.03	2.575	6
Ruido excesivo del motor	2	0.4	1.6	93	120	soportes de motor	1	5	75	70	0.01	2.575	3
Baja salida de potencia del motor	9	1.8	7.2	93	120	turbo	6	13	17	70	0.06	2.575	9
El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	4	0.8	3.2	93	120	faja de distribución	3	7	38	60	0.03	2.575	5
El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	2	0.4	1.6	93	120	faja de distribución	2	4	75	60	0.01	2.575	3
El motor arranca pero no se mantiene funcionando	7	1.4	5.6	93	120	faja de distribución	6	10	21	60	0.05	2.575	7
Vibración del motor	12	2.4	9.6	93	120	soportes de motor	10	17	13	70	0.08	2.575	12
El motor no gira o gira lentamente	6	1.2	4.8	93	120	ventilador	4	6	25	30	0.04	2.575	4
Rotura de piezas por desgaste	7	1.4	5.6	93	120	piezas nuevas	14	9	21	55	0.05	2.575	7
							3135	4097					2669

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 53: Aproximación analítica de los repuestos inicial – Volvo

FALLAS	FALLAS POR AÑO	MTBF	REPUESTO	CANTIDAD DE REPUESTOS	T	t(operación en horas)	Tasa de fallas (λ)	Z	CANTIDAD DE REPUESTOS EN EL AÑO(N) APROX ANALI.
El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	15	110	compresor de aire	8	7.3	45.00	0.14	2.575	13
El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	25	110	kit de Anillos	18	4.4	48.00	0.23	2.575	19
Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	43	110	múltiple de admisión	20	2.6	33.00	0.39	2.575	22
La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	20	110	governador de aire	15	5.5	56.00	0.18	2.575	18
Ruido excesivo del compresor de aire	38	110	Juego de valvulas	25	2.9	56.00	0.35	2.575	31
Chasis torcido	200	110	soldadura(kilos)	450	0.5	250.00	1.82	2.575	510
El camion anda desbalanceado	120	110	soldadura(kilos)	250	0.9	250.00	1.09	2.575	316
Detonaciones de combustión	50	110	Bomba de combustible	35	2.2	60.00	0.46	2.575	41
Consumo de combustible excesivo	25	110	Inyectores de la bomba	20	4.4	65.00	0.23	2.575	25
Combustible en el aceite lubricante	125	110	aceite(gl)	625	0.9	600.00	1.14	2.575	750
Rueda recalentada	40	110	kit muñon,retenes , jebes	40	2.7	100.00	0.36	2.575	52
Ruedas desalineadas	80	110	grasa(kg)	240	1.4	360.00	0.73	2.575	304
El alternador no carga o carga insuficiente	65	110	alternador nuevo	65	1.7	90.00	0.59	2.575	72
El control de cruceo no funciona correctamente	70	110	valvula de admisión	45	1.6	60.00	0.64	2.575	54
Falla de encendido	70	110	relays, transformadores	55	1.6	75.00	0.64	2.575	66
El motor se apaga inesperadamente	20	110	baterias	40	5.5	160.00	0.18	2.575	43
Baja presión de amplificación del turbocargador	50	110	cañería (fierro)	40	2.2	70.00	0.46	2.575	46
Fugas del turbocargador	75	110	turbocargador	35	1.5	40.00	0.68	2.575	41
Perdida de refrigerante	65	110	refrigerante(gl)	130	1.7	190.00	0.59	2.575	140
Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	35	110	termostato	20	3.1	50.00	0.32	2.575	26
Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	40	110	termostato	25	2.7	50.00	0.36	2.575	29
Humo negro excesivo	30	110	aceite(gl)	45	3.7	130.00	0.27	2.575	51
Humo blanco excesivo	35	110	aceite(gl)	40	3.1	100.00	0.32	2.575	46
El freno de motor no funciona	100	110	liquido de freno (450 ml)	150	1.1	140.00	0.91	2.575	157
Rueda frenada	45	110	grasa liquida (lt)	135	2.4	360.00	0.41	2.575	179
Falta de freno	60	110	juego de zapatas	120	1.8	200.00	0.55	2.575	136
Fuga de aire	45	110	cañerías de jebe (mt)	360	2.4	800.00	0.41	2.575	374
Picadura de llantas	250	110	parches	234	0.4	100.00	2.28	2.575	267
Voladura de Llantas	450	110	llanta nueva	450	0.2	100.00	4.10	2.575	462
Llantas bajas(falta de aire)	250	110	parches	150	0.4	100.00	2.28	2.575	267
Aceite lubricante contaminado (alta)	50	110	aceite(gl)	250	2.2	600.00	0.46	2.575	316
Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	75	110	aceite(gl)	375	1.5	600.00	0.68	2.575	462
Aceite lubricante en el refrigerante	95	110	aceite(gl)	475	1.2	600.00	0.87	2.575	578
Cañerías oxidadas	80	110	cañerías nuevas	65	1.4	75.00	0.73	2.575	74
Oxido en el aceite	80	110	aceite(gl)	400	1.4	510.00	0.73	2.575	421
Deficiente aceleración y respuesta del motor	13	110	resorte de acelerador	13	8.4	70.00	0.12	2.575	16
El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	13	110	kit de motor	13	8.4	70.00	0.12	2.575	16
El motor desacelera lentamente	13	110	resorte de acelerador	10	8.4	70.00	0.12	2.575	16
Ruido excesivo del motor	20	110	soportes de motor	15	5.5	70.00	0.18	2.575	22
Baja salida de potencia del motor	30	110	turbo	25	3.7	70.00	0.27	2.575	30
El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	12	110	faja de distribución	10	9.2	60.00	0.11	2.575	13
El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	15	110	faja de distribución	8	7.3	60.00	0.14	2.575	16
El motor arranca pero no se mantiene funcionando	15	110	faja de distribución	8	7.3	60.00	0.14	2.575	16
Vibración del motor	20	110	soportes de motor	15	5.5	55.00	0.18	2.575	18
El motor no gira o gira lentamente	14	110	faja de alternador	12	7.8	55.00	0.13	2.575	14
Rotura de piezas por desgaste	15	110	piezas nuevas	25	7.3	55.00	0.14	2.575	15
				5604					6597

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 54: Aproximación analítica de los repuestos con la propuesta de mejora – Volvo

FALLAS	FALLAS POR AÑO	REDUCCIÓN DE FALLAS	FALLAS POR AÑO	MTBF	MTBF ESPERADO	REPUESTO	CANTIDAD DE REPUESTOS	CANTIDAD DE REPUESTOS EN EL AÑO(N) APROX ANALL.	T	t(operación en horas)	Tasa de fallas (λ)	Z	CANTIDAD DE REPUESTOS EN EL AÑO(N)
El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	15	3	12	110	142	compresor de aire	8	13	12	45	0.08	2.575	9
El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	25	5	20	110	142	kit de Anillos	18	19	7	48	0.14	2.575	13
Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	43	8,6	34.4	110	142	múltiple de admisión	20	22	4	33	0.24	2.575	15
La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	20	4	16	110	142	gobernador de aire	15	18	9	56	0.11	2.575	13
Ruido excesivo del compresor de aire	38	7.6	30.4	110	142	Juego de válvulas	25	31	5	56	0.21	2.575	21
Chasis torcido	200	40	160	110	142	soldadura(kilos)	450	510	1	250	1.13	2.575	325
El camión anda desbalanceado	120	24	96	110	142	soldadura(kilos)	250	316	1	250	0.68	2.575	202
Detonaciones de combustión	50	10	40	110	142	Bomba de combustible	35	41	4	60	0.28	2.575	27
Consumo de combustible excesivo	25	5	20	110	142	Inyectores de la bomba	20	25	7	65	0.14	2.575	17
Combustible en el aceite lubricante	125	25	100	110	142	aceite(gl)	625	750	1	600	0.70	2.575	475
Rueda recalentada	40	8	32	110	142	kit muñon,retenes , jebes	40	52	4	100	0.23	2.575	35
Ruedas desalineadas	80	16	64	110	142	grasa(kg)	240	304	2	360	0.45	2.575	195
El alternador no carga o carga insuficiente	65	13	52	110	142	alternador nuevo	65	72	3	90	0.37	2.575	48
El control de cruceo no funciona correctamente	70	14	56	110	142	valvula de admisión	45	54	3	60	0.39	2.575	36
Falla de encendido	70	14	56	110	142	relays, transformadores	55	66	3	75	0.39	2.575	44
El motor se apaga inesperadamente	20	4	16	110	142	baterias	40	43	9	160	0.11	2.575	29
Baja presión de amplificación del turbocargador	50	10	40	110	142	cañeria (fierro)	40	46	4	70	0.28	2.575	31
Fugas del turbocargador	75	15	60	110	142	turbocargador	35	41	2	40	0.42	2.575	27
Perdida de refrigerante	65	13	52	110	142	refrigerante(gl)	130	140	3	190	0.37	2.575	91
Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	35	7	28	110	142	termostato	20	26	5	50	0.20	2.575	18
Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	40	8	32	110	142	termostato	25	29	4	50	0.23	2.575	20
Humo negro excesivo	30	6	24	110	142	aceite(gl)	45	51	6	130	0.17	2.575	34
Humo blanco excesivo	35	7	28	110	142	aceite(gl)	40	46	5	100	0.20	2.575	31
El freno de motor no funciona	100	20	80	110	142	liquido de freno (450 ml)	150	157	2	140	0.56	2.575	102
Rueda frenada	45	9	36	110	142	grasa liquida (lt)	135	179	4	360	0.25	2.575	116
Falta de freno	60	12	48	110	142	juego de zapatas	120	136	3	200	0.34	2.575	89
Fuga de aire	45	9	36	110	142	cañerías de jebe (mt)	360	374	4	800	0.25	2.575	239
Picadura de llantas	250	50	200	110	142	parches	234	267	1	100	1.41	2.575	171
Voladura de Llantas	450	90	360	110	142	llanta nueva	450	462	0	100	2.53	2.575	294
Llantas bajas(falta de aire)	250	50	200	110	142	parches	150	267	1	100	1.41	2.575	171
Aceite lubricante contaminado (alta)	50	10	40	110	142	aceite(gl)	250	316	4	600	0.28	2.575	202
Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	75	15	60	110	142	aceite(gl)	375	462	2	600	0.42	2.575	294
Aceite lubricante en el refrigerante	95	19	76	110	142	aceite(gl)	475	578	2	600	0.53	2.575	367
Cañerías oxidadas	80	16	64	110	142	cañerías nuevas	65	74	2	75	0.45	2.575	49
Oxido en el aceite	80	16	64	110	142	aceite(gl)	400	421	2	510	0.45	2.575	269
Deficiente aceleración y respuesta del motor	13	2,6	10.4	110	142	resorte de acelerador	13	16	14	70	0.07	2.575	11
El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	13	2,6	10.4	110	142	kit de motor	13	16	14	70	0.07	2.575	11
El motor desacelera lentamente	13	2,6	10.4	110	142	resorte de acelerador	10	16	14	70	0.07	2.575	11
Ruido excesivo del motor	20	4	16	110	142	soportes de motor	15	22	9	70	0.11	2.575	15
Baja salida de potencia del motor	30	6	24	110	142	turbo	25	30	6	70	0.17	2.575	21
El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	12	2,4	9,6	110	142	faja de distribución	10	13	15	60	0.07	2.575	9
El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	15	3	12	110	142	faja de distribución	8	16	12	60	0.08	2.575	11
El motor arranca pero no se mantiene funcionando	15	3	12	110	142	faja de distribución	8	16	12	60	0.08	2.575	11
Vibración del motor	20	4	16	110	142	soportes de motor	15	18	9	55	0.11	2.575	13
El motor no gira o gira lentamente	14	2,8	11,2	110	142	faja de alternador	12	14	13	55	0.08	2.575	10
Rotura de piezas por desgaste	15	3	12	110	142	piezas nuevas	25	15	12	55	0.08	2.575	10
							5604	6597					4252

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 51, se muestra el resultado de la aproximación analítica de la cantidad de repuestos que se usaron en el año 2016, en base a la información recopilada.

Como se puede ver en el cuadro N° 51, para la falla de la unidad Freightliner - el compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire- se usó como repuestos un total de 5 compresores, pero por aproximación analítica se determinó que se necesitaría un total de 11 compresores. A continuación se explica cómo se obtuvo el valor de 11.

Número de fallas en un año: 10

Mtbf= 93 horas

$\lambda = 10/ 93 = 0.11$

$T=1/ 0.11= 9.3$

T operación aprox = 45 horas

z= valor de confidencialidad, para un 99% z= 2.575

Reemplazando los valores en la formula se obtuvo que para esa tasa de fallas se necesitaba tener 11 compresores para el periodo de un año.

$$N = \frac{45}{9.3} + \sqrt{\frac{45}{9.3}} \times 2.57 = 11$$

Luego en el cuadro N° 52, se muestra la aproximación analítica con la reducción de fallas como resultado de las propuestas de mejora, con lo cual se logró reducir este valor de 11 a 7 compresores al año.

De la misma manera se obtuvo los cálculos para los otros 2 cuadros N° 53 y 54 de las unidades Volvo.

f) Capacitación al área de logística.

Para finalizar, se recomienda brindar por lo menos 5 capacitaciones al área logística y de esta manera mejorar la gestión de los repuestos de esta manera asegurar que los repuestos se encuentren en el almacén cuando se les necesita.

Cuadro N° 55: Cronograma de capacitación para Logística

CRONOGRAMA																
N°	CAPACITACIÓN	ÁREA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Proveedor	Costo
1	Gestión de Aprovisionamiento y Compras	Logística		X											TECSUP	S/. 2,700
2	Control de Inventarios y Almacenes	Logística				X									TECSUP	S/. 2,700
3	Logística de Distribución	Logística							X						TECSUP	S/. 2,800
4	Indicadores de Gestión Logística	Logística										X			TECSUP	S/. 2,700
5	Gestión Rentable de la Logística	Logística												X	TECSUP	S/. 2,700
															TOTAL	S/. 13,600.00

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Impacto de las propuestas de mejora en las causas raíces

A continuación se detallará el impacto de la propuesta de mejora en las causas raíces.

Para evaluar el impacto del sistema propuesto, se asume que la implementación de este sistema logrará reducir:

1. En un 20 % de las fallas en los equipos críticos, con esto también se reduce el costo de mantenimientos externo en un 20% (S/.346,680).
2. Las fallas y la clasificación de los repuestos críticos disminuye los costos de los repuestos en un 10%.

A continuación se describe el impacto del sistema propuesto en los indicadores actuales para las áreas de mantenimiento y logística.

Impacto en los indicadores del área de mantenimiento

a. Falta de mantenimiento predictivo (CR9).

En el año 2016, la empresa T.R.C. S.A.C tuvo un 0% en el número de órdenes de trabajo para la realización de mantenimiento predictivo. Sin embargo se obtuvo un total de 9747(70%) órdenes de trabajo por mantenimiento correctivo y 4177(30%) órdenes de trabajo por mantenimiento preventivo.

Cabe mencionar que el mantenimiento correctivo fue superior al mantenimiento preventivo debido a que no se le hace un correcto seguimiento a las fallas de las unidades de transporte, y esto se logrará mejorar con el mantenimiento predictivo, el cual no está presente dentro de las actividades actuales del área de mantenimiento.

Con el sistema de mantenimiento y logística propuesto se logró reducir el mantenimiento correctivo a 8757 órdenes de trabajo (47%), además se incrementó las órdenes de trabajo de mantenimiento predictivo en 5783 órdenes de trabajo (31%) y el resto de las órdenes de trabajo estará dedicado al mantenimiento preventivo. Así como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 56: Participación del mantenimiento predictivo con la propuesta de mejora

Con la propuesta de mejora		
Tipo de Mantenimiento	N° OT	%
Correctivo	8757	47%
Preventivo	4177	22%
Predictivo	5783	31%
Total	18717	

Fuente: Elaboración propia

b. Falta de disponibilidad de las unidades de transporte (CR4).

En el año 2016, la empresa T.R.C. S.A.C llegó a realizar 110244 viajes con sus 414 unidades, y dejó de atender 1536 servicios (viajes) debido a que las unidades de transporte en algunos casos se encontraban malogradas. Esto se debió a que la empresa no llegaba a su disponibilidad operacional meta actual que era de 97%, cabe mencionar que en el año 2016 la disponibilidad operacional fue de 82.8%.

Es así pues que en este año se obtuvo un total de 13924 paradas de las unidades de transporte y se tuvo un Tiempo total de reparaciones (TTR) de 125749 horas, un TTF 1365373 horas, MTTR de 11 horas y un MTBF 109 de horas.

Con la propuesta de mejora se logró incrementar la disponibilidad operacional de los equipos críticos (Freightliner y Volvo) de 85% a 89%, esto incremento la disponibilidad operacional de todas las unidades de 82.8% a 84.6%, permitiendo incrementar el número de viajes realizados en 2421. Así como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 57: Incremento de la disponibilidad operacional con la propuesta de mejora

	SIN LA MEJORA	CON LA MEJORA	INCREMENTO
N° DE VIAJES TOTALES	110244	112665	2421
DISPONIBILIDAD OPERACIONAL TODOS LOS EQUIPOS	82.8%	84.6%	1.8%
DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS CRITICOS	85%	89%	3.2%

Fuente: Elaboración propia

Este incremento de la disponibilidad operacional se dio, debido a que se logró reducir en un 20% el número de fallas de los equipos críticos y en un 20% el tiempo de demora en la entrega de los repuestos, así como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 58: Indicadores luego de la propuesta de mejora

% DE REDUCCIÓN DE FALLAS ESPERADO	20%
% DE REDUCCIÓN DEL TIEMPO POR DEMORAS EN ENREGA DE REPUESTOS	20%

N°	MARCA	PLACA	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	Disponibilidad Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO	Reducción de fallas	Reducción del tiempo de Demora por área logística(h)	IMPACTO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y LOGISTICA									
																TTF	TTR	DEMORAS LOGISTICA	N° FALLAS EN UN AÑO	MTBF	MTTR	Disponibilidad Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
1	Freightliner	AAG788	34	3,300	406	61	19	174	25	89.0%	87.6%	S/. 2,045	S/. 13,609	4	12	3405.6	312.6	49	15	224.1	20.6	92%	90%	S/. 1,636	S/. 10,478
2	Freightliner	ALY711	100	1,500	382	33	48	31	9	79.7%	78.3%	S/. 3,311	S/. 38,331	10	7	1589.6	299.0	26	38	41.4	7.8	84%	83%	S/. 2,649	S/. 30,003
3	Freightliner	T1D835	67	3,150	451	43	20	158	25	87.5%	86.4%	S/. 2,870	S/. 30,106	4	9	3257.4	352.2	34	16	203.6	22.0	90%	89%	S/. 2,296	S/. 23,511
4	Freightliner	T1D854	43	7,350	379	45	27	272	16	95.1%	94.5%	S/. 1,917	S/. 16,148	5	9	7443.8	294.2	36	22	344.6	13.6	96%	96%	S/. 1,534	S/. 12,535
5	Freightliner	T1D862	25	9,600	353	27	30	320	13	96.5%	96.2%	S/. 668	S/. 8,735	6	5	9681.4	277.0	22	24	403.4	11.5	97%	97%	S/. 534	S/. 6,854
6	Freightliner	T1D871	274	900	440	31	43	21	11	67.2%	65.6%	S/. 8,507	S/. 120,741	9	6	1000.4	345.8	25	34	29.1	10.1	74%	73%	S/. 6,805	S/. 94,892
7	Freightliner	T1D879	79	2,850	424	53	39	73	12	87.0%	85.7%	S/. 4,186	S/. 33,489	8	11	2956.0	328.6	42	31	94.7	10.5	90%	89%	S/. 3,349	S/. 25,954
8	Freightliner	T1D880	245	1,050	361	36	44	24	9	74.4%	72.6%	S/. 8,806	S/. 88,310	9	7	1136.6	281.6	29	35	32.3	8.0	80%	79%	S/. 7,045	S/. 68,886
9	Freightliner	T1D881	49	4,950	436	56	26	190	19	91.9%	91.0%	S/. 2,756	S/. 21,456	5	11	5059.6	337.6	45	21	243.3	16.2	94%	93%	S/. 2,205	S/. 16,613
10	Freightliner	T1D882	184	1,350	425	52	48	28	10	76.1%	73.9%	S/. 9,558	S/. 78,118	10	10	1455.8	329.6	42	38	37.9	8.6	82%	80%	S/. 7,646	S/. 60,583
11	Freightliner	T1D883	224	1,050	443	65	24	44	21	70.3%	67.4%	S/. 14,546	S/. 99,138	5	13	1164.6	341.4	52	19	60.7	17.8	77%	75%	S/. 11,637	S/. 76,401
12	Freightliner	T1D884	127	1,950	383	25	46	42	9	83.6%	82.7%	S/. 3,187	S/. 48,829	9	5	2036.6	301.4	20	37	55.3	8.2	87%	86%	S/. 2,550	S/. 38,426
13	Freightliner	T1D885	37	6,600	403	37	33	200	13	94.2%	93.8%	S/. 1,378	S/. 15,011	7	7	6695.4	315.0	30	26	253.6	11.9	96%	95%	S/. 1,103	S/. 11,733
14	Freightliner	T1D888	215	1,350	445	32	37	36	13	75.2%	73.9%	S/. 6,891	S/. 95,828	7	6	1451.8	349.6	26	30	49.0	11.8	81%	79%	S/. 5,513	S/. 75,284
15	Freightliner	T1D889	208	1,200	407	47	21	57	22	74.7%	72.6%	S/. 9,770	S/. 84,602	4	9	1300.2	316.2	38	17	77.4	18.8	80%	79%	S/. 7,816	S/. 65,727
16	Freightliner	T1D927	150	1,500	441	40	45	33	11	77.3%	75.7%	S/. 5,990	S/. 66,042	9	8	1604.2	344.8	32	36	44.6	9.6	82%	81%	S/. 4,792	S/. 51,636
17	Freightliner	T1D928	271	1,200	454	45	22	55	23	72.6%	70.6%	S/. 12,197	S/. 123,059	4	9	1308.8	354.2	36	18	74.4	20.1	79%	77%	S/. 9,758	S/. 96,008
18	Freightliner	T1G892	36	8,400	363	38	39	215	10	95.9%	95.4%	S/. 1,355	S/. 12,940	8	8	8487.8	282.8	30	31	272.0	9.1	97%	96%	S/. 1,084	S/. 10,081

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro solo se puede visualizar un total de 18 unidades de las 414 con las que cuenta la empresa de transporte, pero para una mejor visualización del impacto a continuación se muestra 2 cuadros resumen.

Cuadro N° 59: Resumen- Impacto de la propuesta de mejora

IMPACTO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y LOGISTICA												
N°	UNIDADES	N° de unidades	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	Disponibilidad d Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC DEL MANTTO. CORRECTIVO
1	Freightliner	56	140.34	157,866.20	17,490.80	1,944.00	1,481.60	107	13	90%	89%	2,459,797.75
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	95%	93%	3,351,492.58
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94%	93%	7,325,394.20
4	Volvo	88	218.76	302,373.00	37,050.60	3,218.40	2,476.80	122	16	89%	88%	8,019,683.59
TOTAL		414	181.88	1,383,562	110,879	17,717	12,973	120	11	86%	85%	S/. 21,156,368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 60: Resumen- Impacto en los indicadores de mantenimiento

	SIN MEJORA	CON MEJORA	DIFERENCIA
	HORAS	HORAS	HORAS
TTF (h)	443,700	460239.2	16539.2
TTR (h)	69,790	54541.4	-15248.6
N° FALLAS	4948	3958.4	-990
MTTR(h)	17	14.9	-2
MTBF(h)	90	116.3	27

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en los cuadros anteriores con la reducción del 20% (990 fallas) del número de fallas se logró reducir el Costo lucro cesante por tener las unidades paradas debido a mantenimiento correctivo por un total a S/.21,156,368 y un Costo lucro cesante por demoras en la entrega de repuestos debido a deficiencias logísticas de S/.3,278,500.

Además se incrementó el TTF de 443700 horas a 460239 horas y se redujo el TTR de 69790 horas a 54541 horas. Con esto se incrementó el MTBF de 90 horas a 116.3 horas y se redujo el MTTR de 14 horas a 14.9 horas.

c. Falta de personal especializado para realizar las OT de mantenimiento (CR5).

En el año 2016 la empresa T.R.C. S.A.C, tuvo un total de 13924 fallas de las cuales el 65%(9051 fallas) se le hizo un mantenimiento interno, y el 35%(4873 fallas) se le hizo un mantenimiento externo.

Esto debido a que la empresa no cuenta con personal que tenga conocimiento y habilidades que en técnicas predictivas que le permitan reducir así las fallas y sobre todo poder detectarlas a tiempo y de esta forma evitar estar solicitando servicio de mantenimiento externo.

Cabe mencionar que el costo de mantenimiento externo ascendió a S/.10,786,785.

Con la propuesta de mejora se logró reducir el número de OT externas en un 7.1% y el costo de estos mantenimientos se redujo en un 3.2%(S/.346, 680). Así como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 61: Costo del mantenimiento externo con la propuesta de mejora (en todos los equipos)

	Inicial	Con la propuesta de mejora	Reducción	%
N° DE OT EXTERNAS	4873.40	4526.00	-347.40	-7.1%
COSTO POR OT EXTERNAS	S/. 10,786,785	S/. 10,440,105	-S/. 346,680	-3.2%
COSTO PROMEDIO POR OT EXTERNA	S/. 2,213	S/. 2,213	S/. 0	0.0%

Fuente: Elaboración propia

d. Falta de equipos para realizar la detección de fallas (CR1).

La empresa T.R.C S.A.C., no contaba con equipos que le faciliten la detección de fallas de los componentes de las unidades de transporte, si bien es cierto ellos realizan el mantenimiento preventivo, gran parte de este mantenimiento lo realizan las mismas concesionarias.

Con la propuesta de mejora del mantenimiento predictivo se determinó que era necesario la adquisición de 9 equipos para poder hacer un seguimiento a diferentes parámetros que nos puedan decir cuando se debe cambiar los repuestos sin esperar a que fallen y ocasionen una avería mucho más grave.

Cuadro N° 62: N° de equipos de monitoreo con la propuesta de mejora

	2016	CON LA PROPUESTA DE MEJORA
N° DE EQUIPOS PREDICTIVOS	0	9

Fuente: Elaboración Propia

e. Falta de capacitación al área de mantenimiento. (CR3)

Uno de los problemas que afecta a la baja rentabilidad de la empresa es la falta de capacitación en temas concerniente a mantenimiento en general.

En el año 2016, la empresa tuvo un total de 116 capacitaciones de las cuales el mayor porcentaje de capacitaciones fue destinado al área de operaciones y SSOMA con un total del 61% del total de capacitaciones, dejando de lado el área de

mantenimiento destinando solo 3 capacitaciones representando el 3% del número total de capacitaciones realizadas.

Con el sistema propuesto se logrará aumentar el número de capacitaciones para el área de mantenimiento de 3 a 8 capacitaciones en un año.

Cabe mencionar que el % de capacitaciones para el área de mantenimiento se incrementó de 3% a 7%, como se puede visualizar en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 63: % de Horas de capacitación con la propuesta de mejora

CON LA PROPUESTA DE MEJORA		
Áreas	N° de capacitaciones	%
Mantenimiento	8	7%
Logística	5	4%
Recursos humanos	6	5%
SSOMMA	25	22%
Administración	12	10%
Finanzas	8	7%
Operaciones	45	39%
Sistemas	15	13%
Total	124	
% CAPACITACIÓN ÁREA MANTENIMIENTO		7%

Fuente: Elaboración propia

Impacto en los indicadores del área Logística

f. Falta de cumplimiento de los tiempos de entrega de repuestos (CR6).

En la empresa T.R.C S.A.C., otra de las causas que originan que las unidades no estén disponibles en el tiempo que se le necesitan es debido a que el tiempo de la solución de las fallas correctivas se extienden. En el año 2016, se llegó a determinar que estos tiempos de demoras en la entrega de repuestos fue de 18969 horas, esto generó un Costo lucro cesante por demoras en la entrega de puestos de S/.3, 523, 954. Así como se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 64: Horas de demora logística y CLC inicial

N°	MÁQUINA	N unidades	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD INHERENTE	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS
1	Freightliner	56	140.34	150,750.00	22,092.00	2,391.00	1,813.00	83	14	87.2%	86.0%	S/. 344,214
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	94.6%	93.3%	861793.4224
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94.1%	92.9%	S/. 1,434,889
4	Volvo	88	218.76	291,300.00	47,319.00	4,023.00	3,096.00	94	17	86.0%	85.0%	S/. 883,057
	TOTAL	414	181.88	1,365,372.55	125,749.00	18,969.00	13,924.00	109	11	84.6%	82.8%	S/. 3,523,954

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 65: Horas de demora logística y CLC con la propuesta de mejora

IMPACTO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO Y LOGISTICA												
N°	UNIDADES	N° de unidades	COSTO HORA MAQUINA	TTF(h)	TTR(h)	Demora por área logística(h)	N° FALLAS	MTBF	MTTR	Disponibilidad Inherente	Disponibilidad Operacional	CLC POR DEMORAS LOGISTICAS
1	Freightliner	56	140.34	157,866.20	17,490.80	1,944.00	1,481.60	107	13	90%	89%	275,371.42
2	Mack	109	174.69	359,472.55	20,691.00	5,124.00	3,475.00	103	7	95%	93%	861,793.42
3	Kenworth	161	193.73	563,850.00	35,647.00	7,431.00	5,540.00	102	8	94%	93%	1,434,889.19
4	Volvo	88	218.76	302,373.00	37,050.60	3,218.40	2,476.80	122	16	89%	88%	706,445.82
	TOTAL	414	181.88	1,383,562	110,879	17,717	12,973	120	11	86%	85%	S/. 3,278,500

Fuente: Elaboración propia

Con el sistema propuesto se logró reducir en un 20 % el tiempo por demoras en entrega de repuestos, reduciendo el tiempo que en un inicio fue 18969 horas a 17717 horas además con esto se logrará reducir el costo lucro cesante de S/.3, 523, 954 soles a S/.3, 278, 500.

Asimismo, el sistema propuesto incrementa la disponibilidad operacional de las unidades de transporte de 82%.a 85%, debido a que adicionalmente a la reducción de tiempos por mantenimiento correctivo el cual se dio solución con el programa de mantenimiento preventivo se le adiciona la reducción del tiempo en la entrega de repuestos, así como se muestra en el cuadro N° 65.

g. Falta de un proceso de selección y evaluación de proveedores (CR8)

La empresa T.R.C en el año 2016 tuvo deficiencias debido a que el área logística no contaba con un proceso de selección y evaluación de proveedores, es por ello que no se tenía una adecuada clasificación de cuáles eran los proveedores aptos con los que se podía trabajar y cuales no lo eran. Además esto ocasionaba que los proveedores entregaran los repuestos solicitados a con retrasos, afectando la disponibilidad operacional debido a que se extendía el tiempo para dar solución a la falla correctiva.

Con el sistema propuesto se diseñó un proceso de selección y evaluación de proveedores en base a criterios, para de esta manera poder hacer un mejor seguimiento y calificación de los proveedores de repuestos. Luego se realizó la evaluación de todos los proveedores obteniendo como resultado que de los 81 proveedores actuales, el 32% se clasifican como empresas idóneas y 7% son empresas aceptables. El otro 61% restante están entre empresas que se tiene que trabajar con supervisión y no aptas.

h. Falta de conocimiento acerca de cuáles son los repuestos críticos (CR3).

Inicialmente una de las causas que hacía que el área de logística demorara en la entrega de repuestos al área de mantenimiento de mastranza, es debido a que en ocasiones no se tenía los repuestos en almacén cuando los mecánicos lo solicitaban.

La razón era debido a que el área logística desconocía cuales eran los repuestos críticos y que deben tener en almacén. Es por ello que el valor del indicador del % de repuestos críticos es 0%. Es por ello que con el sistema propuesto se hizo una lista de cuáles eran los repuestos que las unidades críticas (Freightliner y Volvo) necesitaban, y se hizo un análisis para llegar a determinar que del total de los 59 tipos de repuestos, el 37 % eran críticos. Así como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 66: % de repuestos críticos

CLASIFICACIÓN	N °	%
ALTA	13	22%
MEDIA	9	15%
BAJA	37	63%
N TOTAL DE REPUESTOS	59	100%

Fuente: Elaboración propia

i. Falta de un proceso para determinar el N° de repuestos a almacenar (CR9).

Otra de las causas de las demoras en la entrega de repuestos era que no se conocía cual era la cantidad de repuestos a tener en el almacén para atender las necesidades de las unidades críticas (Freightliner y Volvo).

En el año 2016, la empresa tuvo un costo en repuestos de S/.10, 227,455 y el número de repuestos de las unidades críticas (Freightliner y Volvo) fue de 8739, cabe mencionar que este es el valor real y no se hizo la aplicación de ninguna fórmula para su determinación o cálculo.

Con el sistema propuesto, se logró dejar un método para determinar en base a la tasa de fallas de un determinado repuesto la cantidad de repuestos a utilizar en un periodo de tiempo determinado. Este método tiene por nombre APROXIMACIÓN ANALÍTICA.

Con este método se llegó a determinar que en el año 2016 se debió utilizar una cantidad de 10694 repuestos y no 8739 como realmente sucedió.

Pero con la reducción del 20% de fallas propuesto con el sistema, la tasa de fallas se reduce, llegando a determinar que para llevar a cabo el plan de mantenimiento predictivo del siguiente año se debe tener en almacén la cantidad de 6921 repuestos(21% menos de la cantidad de repuestos que se utilizó realmente).

j. Falta de capacitación al área de Logística (CR1)

Uno de los problemas que afecta a la baja rentabilidad de la empresa es la falta de capacitación en temas concerniente a mantenimiento en general.

En el año 2016, la empresa tuvo un total de 116 capacitaciones de las cuales el mayor porcentaje de capacitaciones fue destinado al área de operaciones y SSOMA con un total del 61% del total de capacitaciones, dejando de lado el área de Logística destinando solo 2 capacitaciones representando el 2% del número total de capacitaciones realizadas.

Con el sistema propuesto se propone aumentar el número de capacitaciones para el área de mantenimiento de 2 a 5 capacitaciones en un año.

Este aumento del número de cursos de capacitación ayudará a mejorar el conocimiento de esta área facilitando la mejora de la gestión del almacén de repuestos.

El % de capacitaciones para el área de mantenimiento se incrementó de 2% a 4%, como se puede visualizar en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 67: % de Horas de capacitación con la propuesta de mejora

CON LA PROPUESTA DE MEJORA		
Áreas	N° de capacitaciones	%
Mantenimiento	8	7%
Logística	5	4%
Recursos humanos	6	5%
SSOMMA	25	22%
Administración	12	10%
Finanzas	8	7%
Operaciones	45	39%
Sistemas	15	13%
Total	124	
% CAPACITACIÓN ÁREA LOGÍSTICA		4%

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y
FINANCIERA

5.1 Inversión para la propuesta de mejora

Cuadro N ° 68: Inversión total de la propuesta de mejora

INVERSIÓN	COSTO	VIDA UTIL	DEPRECIACIÓN MENSUAL
EQUIPOS	S/. 62,473.00		
Fisurómetro	S/. 4,386.00	5	S/. 73.10
Vibrómetro	S/. 13,115.00	5	S/. 218.58
Viscosímetro	S/. 7,693.50	5	S/. 128.23
Balanceadora de llantas	S/. 15,020.00	5	S/. 250.33
Profundímetro	S/. 5,978.00	2	S/. 249.08
Medidor digital de presión de llantas	S/. 600.00	2	S/. 25.00
kit de Líquidos penetrantes	S/. 1,400.00	2	S/. 58.33
Multímetro	S/. 1,400.00	5	S/. 23.33
Termógrafo	S/. 12,880.50	5	S/. 214.68
MANO DE OBRA	S/. 30,000.00		S/. 1,240.67
CAPACITACIÓN	S/. 33,600.00		
INVERSION TOTAL	S/. 126,073.00		

Fuente: Elaboración propia

5.2 Ahorro implementando la propuesta

1. Reducción de un 20 % de las fallas en los equipos críticos, con esto también se reduce el costo de mantenimientos externo en un 10% (S/.346,680).
2. La reducción de las fallas y la clasificación de los repuestos críticos disminuye los costos de los repuestos en un 10% (S/.199, 897).
3. Con el aumento de la disponibilidad operacional de 85% a 89% en los equipos críticos se logró incrementar la disponibilidad operacional de todos los equipos de 82.8% a 84.6%, con ello se incrementó los viajes en 2421, generándose ingresos por S/.2,833,864. Además se logró incrementar la rentabilidad sobre las ventas de la empresa T.R.C. S.A.C. de 8.6% a 9.5%. Así como se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro N ° 69: Ingresos obtenidos por la propuesta de mejora

ITEM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
INCREMENTO DE VIAJES	201	184	227	175	223	173	224	247	168	216	166	217	2421
INCREMENTO DE VENTAS (SOLES)	S/. 235,866	S/. 214,891	S/. 265,504	S/. 204,300	S/. 260,723	S/. 202,346	S/. 262,188	S/. 289,333	S/. 196,588	S/. 253,012	S/. 194,635	S/. 254,477	S/. 2,833,864
AHORRO SERVICIO TERCEROS(10%)	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 28,890	S/. 346,680
AHORRO EN REPUESTOS (10%)	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 16,658	S/. 199,897
INGRESO TOTAL	S/. 281,414	S/. 260,439	S/. 311,053	S/. 249,848	S/. 306,271	S/. 247,894	S/. 307,737	S/. 334,881	S/. 242,136	S/. 298,560	S/. 240,183	S/. 300,025	S/. 3,380,441

Fuente: Elaboración propia

5.3 Estado de resultados

Inversión total: S/. 126,073

Costo de oportunidad anual: 1.10% mensual

Cuadro N ° 70: Estado de resultados

Mensual	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ingresos		S/. 281,414	S/. 260,439	S/. 311,053	S/. 249,848	S/. 306,271	S/. 247,894	S/. 307,737	S/. 334,881	S/. 242,136	S/. 298,560	S/. 240,183	S/. 300,025
Costos Operativos		S/. 204,850	S/. 186,633	S/. 230,591	S/. 177,435	S/. 226,438	S/. 175,738	S/. 227,711	S/. 251,286	S/. 170,737	S/. 219,741	S/. 169,040	S/. 221,013
Depreciación		S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241
Utilidad bruta		S/. 75,324	S/. 72,565	S/. 79,221	S/. 71,173	S/. 78,592	S/. 70,916	S/. 78,785	S/. 82,354	S/. 70,159	S/. 77,578	S/. 69,902	S/. 77,771
Gav		S/. 29,640	S/. 27,431	S/. 32,762	S/. 26,315	S/. 32,258	S/. 26,110	S/. 32,413	S/. 35,272	S/. 25,503	S/. 31,446	S/. 25,297	S/. 31,600
Utilidad antes de impuestos		S/. 45,683	S/. 45,134	S/. 46,459	S/. 44,857	S/. 46,334	S/. 44,806	S/. 46,372	S/. 47,083	S/. 44,655	S/. 46,132	S/. 44,604	S/. 46,171
Impuestos (27%)		S/. 12,335	S/. 12,186	S/. 12,544	S/. 12,111	S/. 12,510	S/. 12,098	S/. 12,521	S/. 12,712	S/. 12,057	S/. 12,456	S/. 12,043	S/. 12,466
Utilidad después de impuestos		S/. 33,349	S/. 32,948	S/. 33,915	S/. 32,746	S/. 33,824	S/. 32,708	S/. 33,852	S/. 34,370	S/. 32,598	S/. 33,676	S/. 32,561	S/. 33,704

Fuente: Elaboración propia

5.4 Flujo de caja

Cuadro N °71: Flujo de caja

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Utilidad después de impuestos		S/. 33,349	S/. 32,948	S/. 33,915	S/. 32,746	S/. 33,824	S/. 32,708	S/. 33,852	S/. 34,370	S/. 32,598	S/. 33,676	S/. 32,561	S/. 33,704
Depreciación		S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241	S/. 1,241
FNE	-S/. 126,073	S/. 34,590	S/. 34,189	S/. 35,156	S/. 33,986	S/. 35,065	S/. 33,949	S/. 35,093	S/. 35,611	S/. 33,839	S/. 34,917	S/. 33,802	S/. 34,945

Fuente: Elaboración propia

5.5 Calculo del TIR/VAN

Cuadro N °72: Indicadores económicos

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo neto Efectivo	-S/. 126,073	S/. 34,590	S/. 34,189	S/. 35,156	S/. 33,986	S/. 35,065	S/. 33,949	S/. 35,093	S/. 35,611	S/. 33,839	S/. 34,917	S/. 33,802	S/. 34,945
Ingresos totales		S/. 281,414	S/. 260,439	S/. 311,053	S/. 249,848	S/. 306,271	S/. 247,894	S/. 307,737	S/. 334,881	S/. 242,136	S/. 298,560	S/. 240,183	S/. 300,025
Egresos totales		S/. 246,825	S/. 226,250	S/. 275,897	S/. 215,862	S/. 271,207	S/. 213,945	S/. 272,644	S/. 299,270	S/. 208,297	S/. 263,643	S/. 206,381	S/. 265,080

VAN ingresos	S/. 3,150,831	
VAN egresos	S/. 2,763,863	
PAYBACK	3.6	meses

VAN	S/. 386,968
TIR	25.7%
B/C	1.14

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados

- A.** Después de la realización del sistema de mantenimiento y logística, se obtuvo que se reducirá en un 20% el número de fallas correctivas de los equipos críticos y en un 20 % los tiempos por demoras en el área logística esto implica que los costos de mantenimiento realizado por terceros se reducirán en un 10%, lo que genera un ahorro anual de S/. 32,076 además se reducirá en un 10% los costos de los repuestos en un 10% (S/.199,897); todo ello aumenta la disponibilidad operacional de 82.8% a 84.6%, con ello se incrementó el número de viajes en 2421, generándose ingresos por S/.2,833,864. Además se logró incrementar la rentabilidad sobre las ventas de la empresa T.R.C. S.A.C. de 8.6% a 9.5%.
- B.** El VAN (valor actual neto) de la implementación de este proyecto es de S/. 386,968, lo que indica que es un proyecto RENTABLE para la empresa T.R.C. S.A.C.
- C.** La tasa interna de retorno (TIR) es de 25.7%, esta es la tasa a la cual retornará la inversión de este proyecto y que es mucho mayor a la tasa base que la empresa desea ganar (COK=18%); por lo que el proyecto según este indicador es RENTABLE.
- D.** El indicador de costo beneficio tenemos un 1.14, lo que nos indica que por cada S/. 1.00 invertido en este proyecto, la empresa T.R.C. S.A.C. ganará S/. 0.14.

6.2 Discusión

- A.** El sistema de mantenimiento y logística propuesto mejora la rentabilidad actual de la empresa T.R.C. S.A.C. de 8.6% a 9.5%, debido que al reducir en un 20% el número de fallas correctivas y en un 20% el tiempo de demoras en la entrega de repuestos se logró reducir en un 10% el costo del mantenimiento realizado por terceros y en un 10% los costos de los repuestos. Esto permitió que se incrementara la disponibilidad operacional de 82.8% a 84.6%, con ello se incrementó el número de viajes en 2421, generándose ingresos por S/.2,833,864
- B.** El VAN del proyecto fue de S/.386,968, el cual se obtuvo por el mayor número de viajes realizados debido al incremento de la disponibilidad operacional, la reducción de costos de mantenimiento externo y del costo de los repuestos, generó un ingreso anual de S/. 3.380,441, y se obtuvo un flujo neto de efectivo mensual promedio de S/. 34,595, a un tasa de 1.10% mensual.
- C.** Para el área de contabilidad y finanzas de T.R.C.S.A.C, la tasa base para determinar que un proyecto es viable es de 18.00% anual, para determinar el TIR de la propuesta de mejora se hizo evaluación en un periodo de 1 año, teniendo una inversión de S/. 126,073 soles y un flujo de efectivo mensual promedio de S/. 34,595, obteniéndose como resultado un TIR de 25.7%, con lo cual nos indica que el proyecto es rentable, además la inversión se recupera en un periodo de 3.6 meses.
- D.** Se obtuvo un Ingreso anual de S/. 3.380,441 obtenidos por el incremento del número de viajes (2421) y la reducción de costos de mantenimiento externo y costos de repuestos. Además se tuvo egresos anuales S/. 2,965,300 propios de los costos de operación. Al dividir estos 2 valores nos da como resultado 1.14 (Indicador costo beneficio)

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- A.** Se logró Incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C. S.A.C. de 8.6% a 9.5%, a través de la propuesta de un sistema de Mantenimiento y Logística debido a que este sistema reduce el número de fallas de las unidades de transporte por mantenimiento correctivo en un 20%, además se redujo el tiempo por demoras en la entrega de repuestos en un 20%, esto permitió incrementar la disponibilidad operacional de las unidades de transporte de 82.8% a 84.6%. Cabe mencionar que esto también permitió incrementar el número de viajes en 2421, generándose ingresos por S/.2,833,864.
- B.** Se realizó el diagnóstico de la situación actual de los procesos de mantenimiento y logística de la empresa T.R.C. S.A.C., encontrando que los principales problemas que afectan a la rentabilidad actual son las fallas correctivas debido a la falta de un mantenimiento predictivo a pesar de que aplican mantenimiento preventivo a las unidades de transporte, además en el área logística se generan tiempos muertos por la demora en la entrega de repuestos debido a la mala gestión de esta área. El número de fallas por mantenimiento correctivo inicial fue de 13924 y el tiempo por demoras en la entrega de repuestos fue de 18969 horas, esto ocasionó que se redujera la disponibilidad de las unidades de transporte generándose perdidas por los viajes que dejo de realizar.
- C.** Se elaboró el sistema de Mantenimiento y Logística para incrementar la rentabilidad de la empresa T.R.C S.A.C., el cual está basado en la aplicación de mantenimiento predictivo, aplicación de SRM a través de un proceso de selección de proveedores, selección de repuestos críticos, además se mejoró la gestión de inventarios determinando la cantidad de adecuada de repuestos a tener en el almacén. Este sistema propuesto logró reducir los tiempos perdidos por fallas correctivas y los tiempos por las demoras en la entrega de repuestos incrementando la disponibilidad operacional de las unidades de transporte de 82.8% a 84.6%, con ello se incrementó el número de viajes en 2421, generándose ingresos por S/.2,833,864
- D.** Se hizo la evaluación económica / financiera de la propuesta de mejora en un periodo de 12 meses, dando como resultado que el proyecto es

RENTABLE

VAN	: S/. 386,968
TIR	:25.7 %
B/C	: 1.14

7.2 Recomendaciones

- A.** Se recomienda hacer una correcta gestión de sus repuestos, para continuar reduciendo el tiempo de demora en la entrega de repuestos y de esta forma seguir incrementando la disponibilidad operacional de las unidades de transporte.
- B.** En esta tesis se ha considerado un sistema de mantenimiento predictivo, contratando solo a un persona especialista en este tipo de mantenimiento, pero debe considerarse a largo plazo contratar más personal capacitado o invertir en mayores capacitaciones para que el personal actual pueda realizar este tipo de mantenimiento sin problemas.
- C.** Se recomienda que la empresa a largo plazo debe considerar la adquisición de un software de mantenimiento que le permita mejorar la actual gestión de la información relacionado a las actividades de mantenimiento de las unidades de transporte.

BIBLIOGRAFÍA

- Libros:

1. Perdomo A. (2005). Fundamento del control. International Thomson Editores, S. A. de C. V.

- Páginas web

2. Debitoor (s.f.).Gestión de Inventarios. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016, de: <https://debitoor.es/glosario/definicion-gestion-de-inventarios>
3. Espinosa fuentes, F. Confiabilidad Operacional de Equipos: Metodologías y Herramientas. Pág. 3. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016 de: <http://campuscurico.atalca.cl/~fepinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20y%20sus%20herramientas.pdf>.
4. García, L. A. M. (2010). Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016, de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?ppg=84&docID=10566152&tm=1475424021477>
5. González, A. P., Cervantes, P. J. R., & Brú, J. L. S. (2007). Mantenimiento mecánico de máquinas (Vol. 25). Publicacions de la Universitat Jaume I. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016, de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/detail.action?docID=10820397&p00=mantenimiento+mec%C3%A1nico+m%C3%A1quinas>
6. Navarro Elola, L. (1997). Pastor Tejedor, Ana Clara. MUGABURU LACABRERA, Jaime Miguel. Gestión integral de mantenimiento. Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016, de <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?ppg=43&docID=10352641&tm=1475425746759>

7. Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. Scientia Et Technica. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016 de:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>> ISSN 0122-1701
8. Salazar, B. (s.f.).Gestión de Almacenes. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016 de: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-de-almacenes/>
9. Sima (s.f.).Plan de mantenimiento preventivo. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre..del..2016,de:..<http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
10. Udimá (s.f.). El sistema de distribución o logístico de la empresa. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016, de: http://www.adeudima.com/?page_id=485
11. Viciana Pérez, A., & Pérez, A. V. (2010). Aprovechamiento y almacenaje en la venta (UF0033) (No. 659 658.72). e-libro, Corp. [En línea] Recuperado el 01 de Septiembre del 2016, de: <http://site.ebrary.com/lib/upcsp/reader.action?ppg=50&docID=10692660&tm=1475423205019>

ANEXOS

Anexo N ° 01: Encuesta para el área de Mantenimiento

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN - T.R.C. S.A.C.

Área : Mantenimiento

Problema : Baja rentabilidad

Nombre: _____ Área: _____

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en e problema de la baja rentabilidad

Valorización	Puntaje
Alto	3
Medio	2
Bajo	1
Nulo	0

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN LA RENTABILIDAD:
CAUSA () ALTO () MEDIO () BAJO

Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación			
		Alto	Medio	Bajo	Nulo
Cr1	Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento				
Cr2	Falta de un MOF				
Cr3	Falta de capacitación al área de Mantenimiento				
Cr4	Falta de disponibilidad de las unidades de transporte				
Cr5	Falta de equipos para detección de fallas				
Cr6	Falta de unidades de transporte				
Cr7	Falta de control de calidad de los materiales que se transportan				
Cr8	Falta de materiales para transportar				
Cr9	Falta de mantenimiento predictivo				
Cr10	Falta de procedimientos de trabajo				
Cr11	Falta de documentación				

Fuente: Elaboración propia

Anexo N ° 02: Encuesta para el área de Logística

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN - T.R.C. S.A.C.

Área : Logística

Problema: Baja rentabilidad

Nombre: _____ **Área**: _____

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en e problema de la baja rentabilidad

Valorización	Puntaje
Alto	3
Medio	2
Bajo	1
Nulo	0

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN LA RENTABILIDAD:
CAUSA () ALTO () MEDIO () BAJO

Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación			
		Alto	Medio	Bajo	Nulo
Cr1	Falta de capacitación al área Logística				
Cr2	Falta de un MOF				
Cr3	Falta de conocimiento acerca de cuales son los repuestos críticos				
Cr4	Falta de herramientas de trabajo				
Cr5	Falta de unidades de transporte				
Cr6	Falta de cumplimiento de tiempos en entrega de los repuestos				
Cr7	Falta de control de calidad				
Cr8	Falta de un proceso de selección y evaluación de proveedores				
Cr9	Falta de un proceso para determinar el N° de repuestos a almacenar				
Cr10	Falta de documentación				

Fuente: Elaboración propia