



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
LA COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA FLOTA DE BUSES URBANOS EN EL
SUR DE QUITO.**

Autor

Yanez Jaramillo José Alfonso

Tutor

MSc. Moran Navarrete Andrés Eduardo

QUITO – ECUADOR

2021

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, José Alfonso Yanez Jaramillo, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA FLOTA DE BUSES URBANOS EN EL SUR DE QUITO”, como requisito para optar al grado de INGENIERO INDUSTRIAL y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 19 días del mes de enero de 2021, firmo conforme:

Autor: José Alfonso Yanez Jaramillo

Firma: 

Número de Cédula: 1727631911

Dirección: Pichincha, Quito, Pomasqui, Ciudadela Señor del Árbol.

Correo Electrónico: josep10@hotmail.com

Teléfono: 2350568 - 097928697

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA FLOTA DE BUSES URBANOS EN EL SUR DE QUITO”, presentado por José Alfonso Yanez Jaramillo, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 19 de enero del 2021



.....

MSc. Moran Navarrete Andrés Eduardo

Tutor

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 19 de enero del 2021



.....
José Alfonso Yanez Jaramillo

C.I.: 1727631911

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA FLOTA DE BUSES URBANOS EN EL SUR DE QUITO, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.




.....
Ing. Jorge Lema Loja MSc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....
Ing. Hernán Espejo Viñán MSc.

VOCAL



.....
Ing. Fabian Sarmiento Ortiz MSc.

VOCAL

DEDICATORIA

Dese hace tiempo pensé en escribir esta dedicatoria, siempre supe a quién iba dirigida, lo que nunca imagine es que esa persona se marcharía antes de leerla.

Quiero dedicar con todo mi corazón este trabajo de titulación a mi padre, por el apoyo incondicional que tuvo hacia mí, por ser siempre la voz consejera que guio mi camino, por ayudarme a solucionar muchos de mis problemas y por siempre dejarme con la enseñanza que en la vida para todo hay solución excepto para la muerte.

Desde aquí te digo padre esto es para ti porque sé que te hubiese encantado verme dar el primero de muchos pasos importantes que daré en mi vida, te mando un abrazo donde quiera que estés.

TE AMO PAPA.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a toda mi familia que indudablemente sin el apoyo de ellos yo no habría logrado estar donde estoy.

Mi eterna gratitud para la Universidad Tecnológica Indoamérica, en especial para sus ilustres docentes de la carrera de Ingeniería Industrial quienes supieron transferir todos sus conocimientos y experiencias para fomentar a mi desarrollo profesional.

Gracias a mis hijos Pepe y Samuel por ser los compañeros incondicionales de un sin número de noches de desvelo, gracias por ayudarme a sonreír cuando los días eran grises.

Por último, gracias a ti papa por todo lo que haz echo por mí, siempre estaré en deuda contigo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
Marco teórico	5
Antecedentes	16
Justificación	18
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO	22
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	22
Área de estudio	48
Modelo operativo	49

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	50
Desarrollo de la propuesta:	50
Codificación de los equipos	50
Análisis de criticidad	53
Selección del modelo de mantenimiento	57

Ficha de equipo.....	59
Análisis de fallos funcionales y fallos técnicos de los equipos	59
Clasificación de los fallos.....	60
Determinación de los modos de fallo	61
Tareas de mantenimiento.....	69
Frecuencia de las tareas de mantenimiento	70
Cálculo de la disponibilidad de la flota	80
Cálculo de la disponibilidad por avería de la flota	80
Cálculo del MTBF.....	81
Cálculo de la confiabilidad o de la Tasa de Fallos	81
Predicción de los resultados con la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM en la flota de buses	82
Proyección de las horas improductivas por mantenimiento no programado.....	84
Proyección de los costos de materiales por mantenimiento correctivo.....	86
Cálculo de la confiabilidad y disponibilidad de la flota de buses con la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM.....	88
Resultados esperados.....	91
Cronograma de actividades	92
Análisis de costos	93
Costos fijos	93
Costos variables.....	96
Costo por tiempo perdido o improductivo no programado de las unidades.....	97
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
Conclusiones.....	101
Recomendaciones	103
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Registro de las unidades de la flota de buses	26
Tabla 2 Cronograma del cambio de aceite	30
Tabla 3 Cálculo del rendimiento de las llantas de los buses	32
Tabla 4 Historial de medidas de las llantas	37
Tabla 5 Registro de ordenes de trabajo en la flota de buses.....	43
Tabla 6 Área de estudio	48
Tabla 7 Lista de unidades codificadas	51
Tabla 8 Lista de los Sistemas Funcionales de la flota codificados.....	53
Tabla 9 Propuesta para valorar la criticidad de un equipo	54
Tabla 10 Criticidad de los buses evaluados.....	55
Tabla 11 Análisis de criticidad de los Sistemas Funcionales	56
Tabla 12 Modelo de mantenimiento de los Sistemas funcionales de los buses	59
Tabla 13 Análisis de fallos	63
Tabla 14 Tareas de mantenimiento.....	71
Tabla 15 Cronograma de Mantenimiento Preventivo.....	77
Tabla 16 Total Ordenes de Trabajo Correctivos	82
Tabla 17 Total egresos de bodega	83
Tabla 18 Total horas improductivas	83
Tabla 19 Total costos por materiales por Mantenimiento Correctivo	83
Tabla 20 Valores para la proyección	84
Tabla 21 Valores de la relación de las dos variables.....	85
Tabla 22 Valores pronosticados de las Horas Improductivas.....	86
Tabla 23 Valores para la proyección	86

Tabla 24 Valores de la relación de las dos variables	87
Tabla 25 Valores pronosticados de los Costes de materiales	88
Tabla 26 Total disponibilidad de la flota sin RCM	88
Tabla 27 Disponibilidad estimada	89
Tabla 28 Comparación de la disponibilidad	89
Tabla 29 Total tasa de fallos sin RCM	89
Tabla 30 Tasa de fallos con la aplicación del RCM	90
Tabla 31 Comparación de la tasa de fallos	90
Tabla 32 Cronograma de actividades	93
Tabla 33 Costo del Coordinador de la Mecánica	94
Tabla 34 Costo del Mecánico #1	94
Tabla 35 Costo del Mecánico #2	94
Tabla 36 Costo del Mecánico #3	95
Tabla 37 Costo del Mecánico #4	95
Tabla 38 Costo del Mecánico #5	95
Tabla 39 Costes fijos de mantenimiento	96
Tabla 40 Costes por materiales, consumibles, herramientas y repuestos	96
Tabla 41 Análisis Costo hora por bus	97
Tabla 42 Costo por tiempo improductivo	97
Tabla 43 Resumen de costos de mantenimiento sin la aplicación del RCM	98
Tabla 44 Resumen de costos de mantenimiento con la aplicación del RCM	98
Tabla 45 Comparación de costos de mantenimiento antes y después de implementar el RCM	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Índices de desempeño de mantenimiento.....	2
Figura 2 Diagrama de flujo de O.T.	13
Figura 3 Impactos del mantenimiento en una empresa.	18
Figura 4 Método Input-Output del sistema de mantenimiento.....	20
Figura 5 Diagrama Causa - Efecto de la problemática del estudio	24
Figura 6 Esquema de la vista inferior de un bus para enumerar sus llantas.....	36
Figura 7 Formato de ordenes de trabajo en la flota de buses	47
Figura 8 Modelo operativo	49
Figura 9 Distribución de Código de registro de las unidades.....	50
Figura 10 Distribución de Código de registro de los Sistemas funcionales	50
Figura 11 Flujograma para designar el modelo de mantenimiento en un equipo	58
Figura 12 Formas de actuación ante un fallo.....	61
Figura 13 Cantidad de Ordenes de trabajo correctivas por sistema	62
Figura 14 Tipos de tareas de mantenimiento.....	69
Figura 15 Diagrama de dispersión de las O.T vs H. improductivas.....	84
Figura 16 Diagrama de dispersión de los Egresos de bodega vs Costos materiales	87
Figura 17 Comparación de costos de mantenimiento.....	99
Figura 18 Comparación de costos de mantenimiento.....	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Portada del recurso informático	106
Anexo 2 Pestaña del ingreso de los equipos.....	107
Anexo 3 Pestaña del análisis de criticidad de los sistemas funcionales	108
Anexo 4 Pestaña de la selección del modelo de Mantenimiento.....	109
Anexo 5 Pestaña de la ficha de los equipos.....	110
Anexo 6 Pestaña para realizar el Mantenimiento RCM	111
Anexo 7 Pestaña para realizar Gamas o Rutas	112
Anexo 8 Pestaña para el reporte de incidencias	113
Anexo 9 Pestaña para la asignación de las averías	114
Anexo 10 Pestaña par el diagnostico de averías.....	115
Anexo 11 Pestaña para el control de las incidencias	116
Anexo 12 Pestaña para el análisis de las averías	117
Anexo 13 Pestaña para generar las ordenes de trabajo.....	118
Anexo 14 Pestaña de reportes de incidencias.....	119
Anexo 15 Pestaña de los indicadores de Mantenimiento	120
Anexo 16 Formato de la ficha de los equipos	121
Anexo 17 Unidades	122
Anexo 18 Taller de Mantenimiento.....	122

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA FLOTA DE BUSES URBANOS EN EL SUR DE QUITO.

AUTOR: José Alfonso Yanez Jaramillo

TUTOR: MSc. Moran Navarrete Andrés Eduardo

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación tiene como propósito llevar a cabo el desarrollo de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos, permitiendo así llegar a cumplir el objetivo principal del RCM que es aumentar la disponibilidad y la confiabilidad de las unidades, en conjunto con la reducción del tiempo improductivo por mantenimiento no programado y la disminución de gastos innecesarios por reparaciones que se pueden evitar. En este Plan se realizó un análisis de criticidad para los buses y sus sistemas funcionales, también se determinó sus apropiados modelos de mantenimiento, para después realizar un análisis de fallos donde se estableció cuáles son los fallos principales de la flota, así también cuáles son sus respectivos modos de fallo; esto se lleva a cabo con el propósito de determinar tareas de mantenimiento para evitar o amortiguar los efectos de los modos de fallos; para ello se revisó documentación de los equipos, manuales de los fabricantes, en conjunto con la información mecánica de la empresa. Por otro lado, se elaboró un recurso informático, en donde se almacena toda la información de mantenimiento de la flota, dando paso así a una pronta respuesta por parte de los técnicos al momento de que surja un fallo lo que, significa menos tiempo improductivo para los buses. La implementación de este Plan de Mantenimiento dio como resultado una reducción del 47% en las paradas de mantenimiento correctivo, así mismo la tasa de fallos de la flota se redujo en un 46% por lo que la confiabilidad aumento al igual que la disponibilidad. Los costes totales por mantenimiento se redujeron en un 26% una vez hecha la implementación del plan de mantenimiento, ya que se hizo la comparación con meses anteriores sin RCM y estos tienen un costo trimestral total de \$41,322,51, mientras que con la implementación del RCM este costo baja a \$30,466,00 lo cual genera un ahorro a la empresa de \$10,856,50.

DESCRIPTORES: Confiabilidad, Criticidad, Mantenimiento RCM, Reducción de costos por mantenimiento.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: ELABORATION OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON RELIABILITY (RCM) FOR A FLEET OF URBAN BUSES IN SOUTH QUITO.

AUTHOR: José Alfonso Yanez Jaramillo

TUTOR: MSc. Moran Navarrete Andrés Eduardo

ABSTRACT

The purpose of this qualification work is to carry out the development of a Reliability-Based Maintenance Plan (RCM) for a fleet of urban buses, thus allowing to achieve the main objective of the RCM, which is to increase availability and reliability. In addition, reducing unit's downtime due to unscheduled maintenance and the reduction of unnecessary expenses for repairs that can be avoided. In this Plan, a criticality analysis was carried out for the buses and their functional systems. Their appropriate maintenance models were also determined, to later carry out a failure analysis where it establishes the main failures of the fleet, as well as which are their respective failure modes; This is done for the purpose of determining maintenance tasks to avoid or cushion the effects of failure modes; For this, equipment documentation, manufacturers' manuals, together with information from mechanics were reviewed. In the other hand, a computer resource was developed, where all the fleet maintenance information is stored, giving way to a prompt answer by the technicians at the moment of failure, wich means less downtime for buses. The implementation of this Maintenance Plan gave a result in a 47% reduction in corrective maintenance outages, as well the fleet failure rate decreased a 46% so the reliability increased as well as the availability. The total costs for maintenance decreased a 26% once the implementation of the plan was made, since the comparison with previous months was made without RCM and they had a trimestral total cost of \$41,322,51, while with the implementation of the RCM this cost decrease to \$30,466,00 which generates \$10,856,50 savings for the company.

KEYWORDS: Reliability, Criticity, RCM Maintenance, Maintenance cost reduction.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Según el artículo (Mantenimiento a nivel mundial, 2016) hoy en día, el mantenimiento preventivo es la mejor herramienta implementada en el marco de la industria global. Debido a que se estima que entre el 56% y el 64% de las plantas industriales del mundo han implementado alguna herramienta de prevención de fallos y averías para sus equipos. En los países desarrollados, alrededor del 77% de sus industrias cuenta con un programa de mantenimiento preventivo en funcionamiento. En las últimas décadas la industria ha generado una gran cantidad de información a partir de los programas de Mantenimiento Preventivo que en la mayoría de los casos se utiliza para implementar mejoras y garantizar la disponibilidad de los equipos en las plantas industriales.

Para (Expósito Ferreiro & Cavieres, 2015) garantizar la continuidad operativa de las máquinas y aumentar su vida útil son los objetivos principales del mantenimiento preventivo en buses y camiones. Actualmente, las empresas mundiales de transporte no pueden arriesgarse a que un vehículo de su flota quede fuera de funcionamiento por la falta de repuestos o soporte técnico, ya que su servicio y/o negocio podrían verse totalmente afectados. Mantener una flota de buses en excelentes condiciones operativas y que su disponibilidad no se vea afectada por problemas logísticos o por fallas inesperadas son el tipo de necesidades que una buena gestión de mantenimiento satisface.

La aplicación de un Plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota vehicular de transporte, garantiza el aumento de fiabilidad de las unidades, ya que disminuye el tiempo de parada por reparación de fallos inesperados, por lo tanto, aumenta el tiempo de disponibilidad de los vehículos para cumplir sus servicios, por otro lado, al prevenir averías se está reduciendo los costes de mantenimiento, puesto que se puede controlar un fallo simple antes de que se convierta en uno funcional, y se tenga que ocupar más tiempo y recursos para solucionarlo.

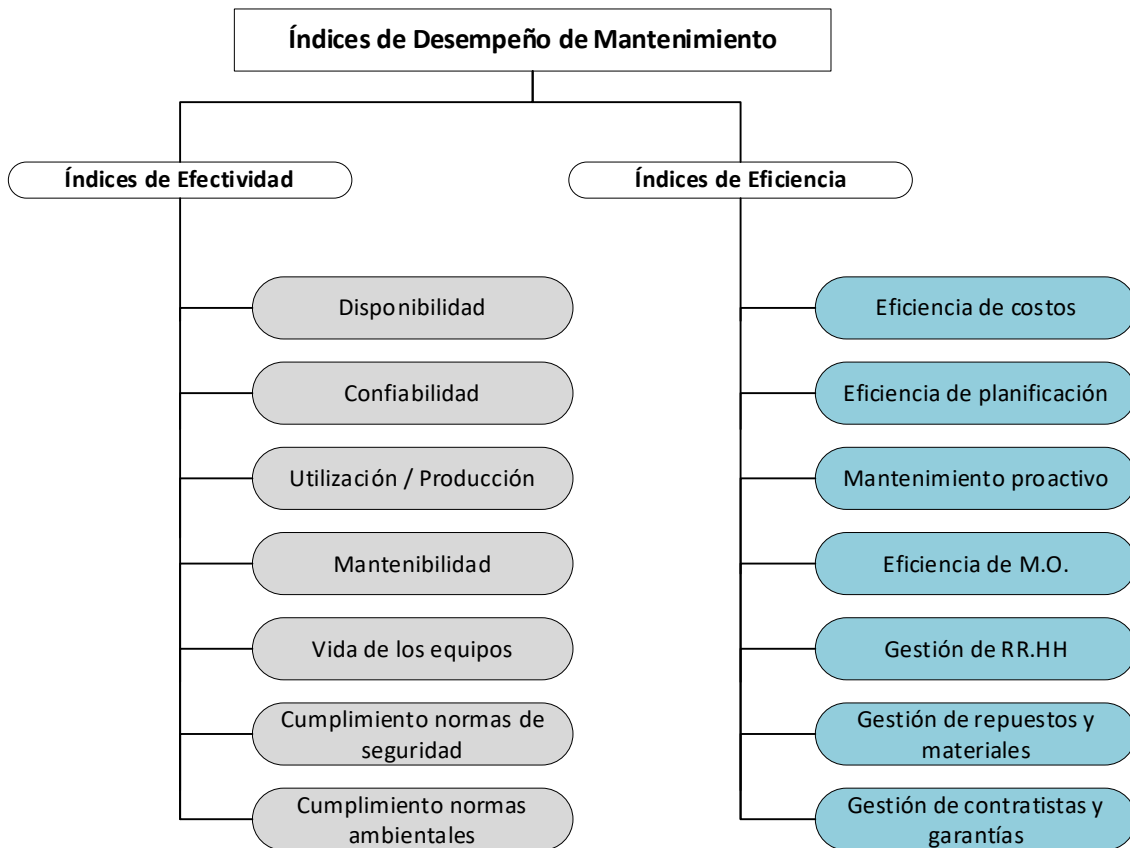


Figura 1 Índices de desempeño de mantenimiento.

Fuente: Darko Louit

Elaborado por: Investigador

En este gráfico de la figura 1 se puede observar todos los puntos a favor que lleva la aplicación del mantenimiento en una empresa, evidenciando la efectividad de la gestión del mismo, desde la disponibilidad del equipo hasta el cumplimiento de normas en la empresa, por otro lado, la eficiencia del mantenimiento se ve reflejado en la reducción de costos y en la gestión de recursos.

(Expósito Ferreiro & Cavieres, 2015) Recalca que la postergación de las tareas de mantenimiento para reparación o inspección que esté estipulado en el cronograma del fabricante, puede comprometer incluso otros sistemas o componentes del bus o camión, repercutiendo en gastos adicionales, o provocando algún accidente, debido a que el vehículo dejaría de entregar prestaciones de seguridad, confort y servicio, que se obtienen de un equipo bien regulado. De acuerdo con el artículo («Importancia del mantenimiento de buses y camiones.....», 2019) Geovanny Proaño Gerente Nacional de Servicio de Teojama Comercial, redacta que es más seguro y menos costoso aplicar medidas preventivas, que correctivas en los vehículos.

(Villaveces, 2018, p. 2) Enfatiza que, el mundo, hoy en día las empresas de transporte se enfocan principalmente en mejorar de manera eficiente sus servicios, como también aumentar la seguridad de las unidades, con el propósito de cautelar la integridad de los usuarios. Esto es de suma importancia para la movilidad de las personas ya que un gran número depende del transporte público o privado para llegar a sus sitios de estudio o trabajo y cumplir con sus actividades diarias.

Según (Villaveces, 2018, p. 3). En el año 2000, los sistemas urbanos de transporte público de Canadá transportaron a casi 1500 millones de pasajeros, cifra que representa un aumento de 4,2 % respecto del año anterior. En los Estados Unidos, también se observa un aumento de la confianza en el transporte público. En América Latina y el Caribe en su totalidad, 33 % de los habitantes utiliza el transporte. En el Brasil, 43 % de los habitantes de Porto Alegre usan el transporte público; en Curitiba, esta cifra llega a 70 %, mientras que en Lima (Perú) viajan en transporte público 80 % de los habitantes, al igual que en Bogotá (Colombia). Por otro lado, el sistema de transporte público japonés acoge a gran parte de los más de 20 millones de personas que trabajan en Tokio y residen en sus alrededores. En Europa el 75% de habitantes vive en ciudades, lo que supone una alta tasa de consumo de transporte urbano (Celi Ortega, s. f., p. 1)

Debido al aumento de consumo del servicio de transporte urbano en el mundo, es fundamental que una empresa que preste estos servicios, lleve un apropiado Plan de Mantenimiento, ya que no solamente evita gastos innecesarios, sino que asegura la continuidad de sus servicios, lo que es directamente proporcional con la reducción significativa de las paradas de productividad, así se pretende aminorar el tiempo de inactividad de los buses que sufren alguna falla o avería por consecuencia de la falta de revisiones preventivas, estos gastos de reparación se pueden relacionar con la gestión de mantenimiento, para de la elaboración de un Plan de Mantenimiento se debe tener en cuenta según (Garrido, 2004, p. 39) que este debe ser, entre otras cosas, realizable, si elaboramos una lista de tareas enorme y exhaustiva, las agrupamos de forma poco práctica, o intentamos documentar cada aspecto relacionado con su realización, por pequeño que sea, conseguiremos un Plan de Mantenimiento que será más teórico que práctico, y que, probablemente, no se lleve a cabo.

Según (Trujillo, 2020, p. 13) para la mayoría de los países latinoamericanos, el mantenimiento constituye en la actualidad una asignatura pendiente para numerosos sectores de la economía, la falta de importancia ha llegado al extremo, dado que resulta en muchos lugares muy difícil identificar la existencia de mantenimiento. Esto ha sido

ratificado a través de las experiencias detectadas en numerosos países de la región. Es importante reflexionar sobre el papel que lleva el mantenimiento y el impacto que tiene el mismo en los resultados económicos. El mantenimiento, es un punto clave en el sistema empresarial latinoamericano, puesto que, da respuesta a reclamos tales como el incremento del consumo de recursos, la reducción de gastos por piezas de repuesto costosas y la rentabilidad de las empresas.

Según (Oscar, 2009, p. 43) recalca que el Banco Mundial siempre ha destacado la experiencia latinoamericana en transporte urbano, principalmente por ser una actividad privada, que ha contado con relativamente pocos subsidios, no obstante las mismas han garantizado un excelente servicio para satisfacer una amplia demanda (El 33% de la población de América latina usa el transporte público).

Esta falta de ayuda económica por parte de los estados de la región latinoamericana ha provocado que las empresas de transporte realicen procesos estratégicos en la reducción de los gastos operativos.

Estos procesos estratégicos cumplen el propósito de disminuir eficientemente los desembolsos innecesarios que pueden generar las empresas de transporte, como por ejemplo disminuir los costos por mantenimiento correctivo de los vehículos, o simplemente aumentar la disponibilidad de las unidades, esto se traduce en los arreglos de averías que se pudieron haber evitado con la gestión del mantenimiento y por lo tanto el equipo no hubiese tenido que parar su producción para entrar a mantenimiento no programado.

La optimización de los gastos evitables, está directamente relacionado con el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM), puesto que lleva acabo algunas estrategias que se practican para determinar los fallos que pueden surgir en un equipo. Para que se lleve a cabo un buen desarrollo de esta técnica se debe monitorear los parámetros de los componentes del equipo, identificando los que tienen mayor grado de importancia en su disponibilidad, como los que tienen un mayor riesgo de avería, lo que provocaría la reducción de la vida útil de los mismos y el encarecimiento de las reparaciones.

En las empresas ecuatorianas de transporte urbano ha sido evidente la importancia que tienen estas en la seguridad vial, así como también en la reducción de gastos por reparación de equipos, o costos por accidentes. En el artículo de periódico («Importancia del mantenimiento de buses y camiones.....», 2019) Ilustra las cifras de la Agencia

Nacional de Tránsito en donde los buses y camiones representaron el 10% de los automotores involucrados en los siniestros registrados entre enero y mayo del 2019 y en el 15% de las muertes en sitio también se vieron involucrados este tipo de unidades.

El mantenimiento preventivo de las unidades de transporte se vuelve un factor de gran importancia para la seguridad, integridad y la calidad del servicio para los usuarios. Ya que según (Granda, 2018) en el Ecuador el 3% de los accidentes son provocados por desperfectos mecánicos en los automotores, y el 90% de los casos, las revisiones adecuadas de mantenimiento podrían haber disminuido las posibilidades de la tragedia o sus secuelas. Por lo tanto, es cada vez más común visualizar en una empresa ecuatoriana de transporte la implementación de la gestión del mantenimiento, ya que esto permite programar los diagnósticos requeridos en los componentes de los equipos y así actuar en los mismos si hay parámetros que traspasan los límites permitidos.

El aumento de disponibilidad, la obtención de una mejora de la seguridad y la prestación de los servicios en los transportes urbanos en conjunto con la mayor reducción de gastos innecesarios posibles es el propósito de este proyecto, para llegar a esto se elaborará un Plan de Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito

El RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), es una estrategia de mantenimiento que busca analizar todos los fallos potenciales que puedan originarse en un equipo, así también, estudia sus consecuencias y determina en último lugar qué se debe hacer para solucionar estos fallos si se llegan a provocar.

Esta herramienta de gestión del mantenimiento es muy utilizada ya que posee una combinación de tareas correctivas y preventivas, con el propósito de aumentar la fiabilidad y la vida útil del equipo (autobuses) al que se le realiza esta aplicación disminuyendo el deterioro de partes o equipos que realizan una actividad en específico, con el resultado de esto se evaluará la influencia del Plan de mantenimiento RCM en los costos de reparación de averías de los buses.

Marco teórico

Definición de Mantenimiento

Según (Garrido García, 2004, p. 1) que en su libro define al mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo

rendimiento, así, se logra aumentar y optimizar la producción, como también evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados.

Tipos de mantenimiento

Para (Garrido García, 2004, p. 17) tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí, por el carácter de las tareas que incluyen:

- **Mantenimiento correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.
- **Mantenimiento preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.
- **Mantenimiento predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.
- **Mantenimiento hard time o cero horas:** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.
- **Mantenimiento en uso:** Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

Análisis de criticidad

Para una empresa es muy importante designar adecuadamente la importancia que tiene cada equipo en la planta industrial a la que pertenece, debido a que, probablemente no todos los equipos tienen la misma importancia. Para saber de manera justificada la importancia de un equipo se debe realizar un análisis previo llamado, análisis de criticidad, el mismo cuenta con una serie de niveles de importancia o criticidad, los cuales son según (Garrido García, 2004, p. 24);

- A. **Equipos críticos.** Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- B. **Equipos importantes.** Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- C. **Equipos prescindibles.** Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.

Los criterios que se utilizan para clasificar cada uno de los equipos en alguna de las categorías anteriores se deben designar en base de consideraciones en la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

Para (Garrido García, 2004, p. 25) estos aspectos se describen de la siguiente manera:

Producción. Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, paralice equipos productivos, pero con pérdidas de producción asumible o no tenga influencia en producción, clasificaremos el equipo como A, B o C.

Calidad. El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.

Mantenimiento. El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio en mantenimiento; o, por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no dé problemas.

Seguridad y medio ambiente. Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o, por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

Modelos de mantenimiento posibles

(Garrido García, 2004, p. 19) Denota que cada uno de los modelos de mantenimiento incluyen varios de los tipos antes nombrados. Además, todos ellos incluyen dos actividades: inspecciones visuales y lubricación. Esto es así porque está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable. Para (Garrido García, 2004, p. 19) se puede definir los modelos de mantenimiento como los siguientes:

Modelo correctivo

Este modelo es el más básico, e incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación mencionada anteriormente, la reparación de averías que surjan. Es aplicable, como veremos, a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos. (Garrido García, 2004, p. 19-20)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de averías.

Modelo Condicional

Incluye las actividades del modelo anterior, y, además, la realización de una serie de pruebas o ensayos que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si, por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo. Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja. (Garrido García, 2004, p. 20)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Condicional.

- Reparación de averías.

Modelo Sistemático

Este modelo incluye un conjunto de tareas que realizaremos sin importarnos cuál es la condición del equipo; realizaremos, además, algunas mediciones y pruebas para decidir si realizamos otras tareas de mayor envergadura; y, por último, resolveremos las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la principal diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo. (Garrido García, 2004, p. 20-21)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Preventivo Sistemático.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

Modelo de Alta Disponibilidad

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es, en general, el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene por qué ser exactamente iguales

año tras año.(Garrido García, 2004, p. 21-22).

- Inspecciones visuales.
 - Lubricación.
 - Reparación de averías.
 - Mantenimiento Condicional.
 - Mantenimiento Sistemático.
- Puesta a cero periódica, en fecha determinada (Parada).

El Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM)

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.(Garrido, 2016, p. 6)

El RCM fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978. Desde entonces, el RCM ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos en prácticamente todas las áreas de la actividad humana organizada, y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso definido por Nowlan y Heap, ha servido de base para varios documentos de aplicación en los cuales el proceso RCM ha sido desarrollado y refinado en los años siguientes. Muchos de estos documentos conservan los elementos clave del proceso original. Sin embargo, el uso extendido del nombre “RCM” ha llevado al surgimiento de un gran número de metodologías de análisis de fallos que difieren significativamente del original, pero que sus autores también llaman “RCM”. Muchos de estos otros procesos fallan en alcanzar los objetivos de Nowlan y Heap, y algunos son incluso contraproducentes. En general tratan de abreviar y resumir el proceso, lo que lleva en algunos casos a desnaturalizarlo completamente. (Garrido García, 2016)

El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, según (Garrido García, 2004, p. 1) manifiesta que es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica y que se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección.

RCM es una estrategia de mantenimiento que busca analizar todos los fallos potenciales que puedan originarse en la instalación analizada, estudiar sus consecuencias y determinar en último lugar qué debe hacerse para que no se materialicen aquellas calificables como intolerables o inasumibles para la instalación; en última instancia, también ayuda a determinar qué debe hacerse para minimizar las consecuencias de los fallos que no se pueden o no se han podido evitar. (Garrido, 2016, p. 6)

El RCM propone un análisis minucioso de la gravedad de cada fallo y de sus consecuencias, asignando un valor numérico a ésta, de manera que pueda cuantificarse la importancia de cada fallo. Multiplicando el factor asignado a la gravedad del fallo por otro relacionado con la probabilidad de que esto ocurra, y por un tercero, la detectabilidad del fallo, se obtiene un valor numérico, de manera que hay que actuar sobre aquellos fallos que superen determinado valor. Este sistema es perfectamente válido. No obstante, el que se propone en este apartado es otro, más sencillo y más efectivo: determinar si el fallo debe evitarse o tan solo deben disminuirse sus efectos. (Garrido, 2004, p. 41)

Histórico de averías

Para (Garrido García, 2004, p. 40) el histórico de averías es una fuente de información valiosísima a la hora de realizar un plan realmente efectivo. El estudio del comportamiento de una instalación, equipo, sistema o elemento a través de los documentos en los que se registran las averías e incidencias que pueda haber sufrido en el pasado nos aporta una información esencial para la identificación de fallos. En muchos casos, por desgracia la mayoría, no existe un archivo histórico de averías, un archivo en el que se hayan registrado de forma sistemática cada una de las averías que haya tenido el equipo en un periodo determinado. Pero con algo de imaginación, siempre es posible buscar una fuente que nos permita estudiar el historial del equipo:

- Estudio de los partes de trabajo, de averías, etc. Agrupando los partes de trabajo por equipos es posible deducir las incidencias que han afectado a la máquina en un periodo determinado.
- Facturas de repuesto. Es laborioso, pero en caso de necesitarse, puede recurrirse al departamento de contabilidad para que facilite las facturas del material

consumido en mantenimiento en un periodo determinado (preferiblemente largo, 5 años, por ejemplo). De esta información es posible deducir las incidencias que han podido afectar al equipo que se estudia.

- Diarios de incidencias. El personal a turnos utiliza en ocasiones diarios en los que refleja los incidentes sufridos como medio para comunicárselos al turno siguiente. Del estudio de estos diarios también es posible obtener información sobre averías e incidentes en los equipos.

Órdenes de trabajo (O.T.)

Según (Garrido García, 2004, p. 250) la Orden de Trabajo es el documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención. En estas órdenes se detallan, al menos:

- N° de orden correlativo, que permite identificarla de forma única.
- El equipo o instalación en el que debe intervenir.
- El trabajo que debe realizar, o el comportamiento de un equipo que está funcionando incorrectamente.
- Las herramientas y materiales que se necesitarán, si se conocen.
- Los riesgos del trabajo, las precauciones que deben tomarse y los equipos de protección necesarios.
- La prioridad del trabajo.
- La fecha y hora de emisión de la orden.

Orden de Trabajo Correctiva

Constituye la comunicación de una intervención cuya finalidad es corregir un problema que se ha detectado en un equipo. Suele denominarse también parte de Trabajo, Parte de Avería, Solicitud de Trabajo, Demanda de Trabajo, etc. (Garrido García, 2004, p. 250)

La Orden de Trabajo Correctiva consta de tres zonas claramente diferenciadas:

- Zona de la orden que cumplimenta el solicitante.
- Zona que cumplimenta el organizador del trabajo de mantenimiento (mando intermedio, preparador, etc.).
- Zona de la orden que cumplimenta el ejecutante.

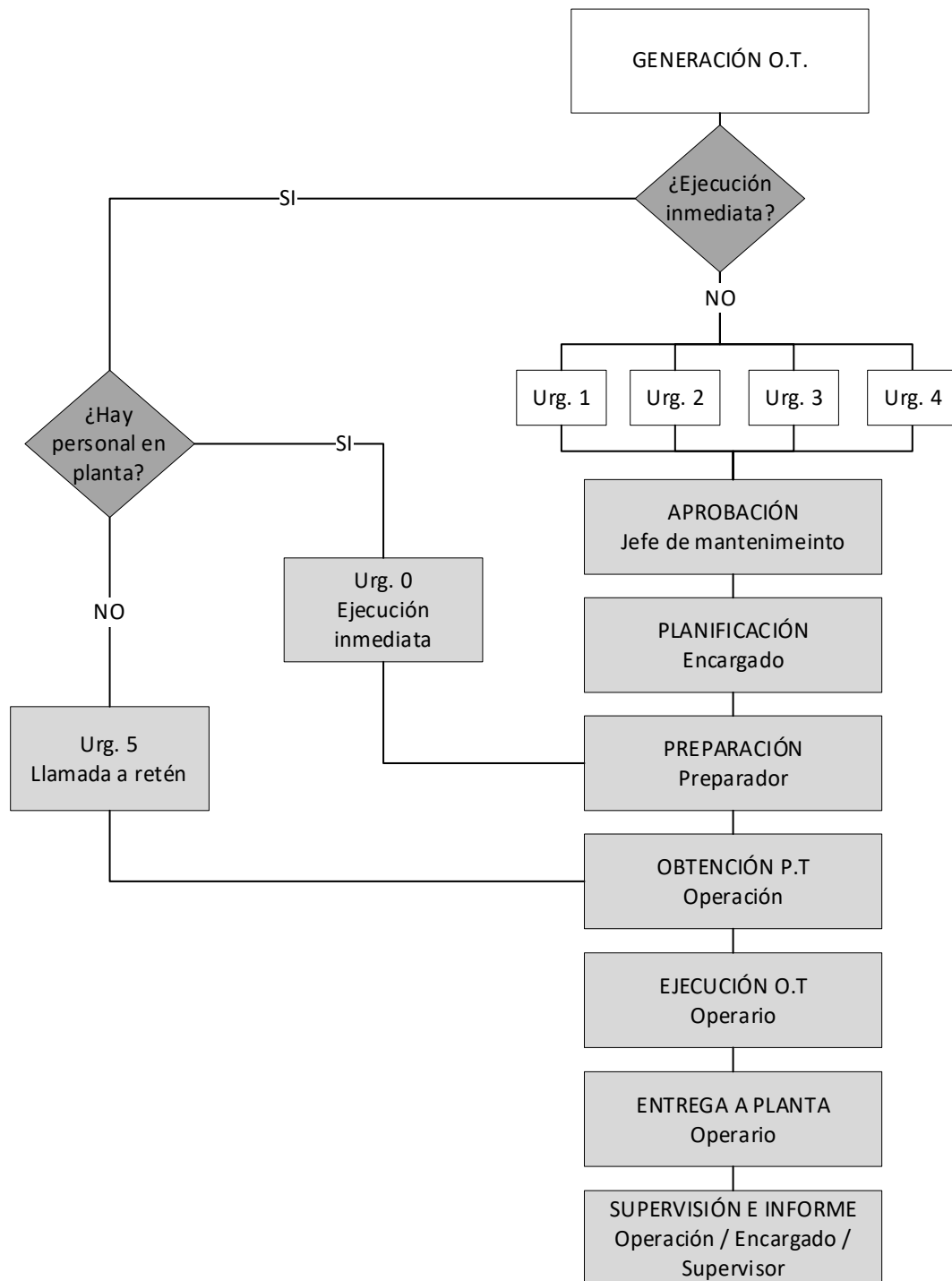


Figura 2 Diagrama de flujo de O.T.

Fuente: Santiago Garrido, 2004

Elaborado por: Investigador

En la figura número 2 se observa un flujograma que representa la generación de órdenes de trabajo hasta su ejecución y supervisión dependiendo de su urgencia.

Órdenes de Trabajo Preventivas. Gamas de Mantenimiento

Las Órdenes de Trabajo Preventivas según (Garrido García, 2004, p. 253) son ligeramente diferentes. En estas órdenes se conoce con precisión el trabajo que debe realizarse y, en general, se ha realizado muchas veces antes, por lo que la planificación que se puede hacer de ella es mucho más exacta. La Orden de Trabajo Preventiva también se denomina Gama o Ruta de Mantenimiento. Suele tener las siguientes partes:

- Código de la Gama.
- Periodicidad.
- Fecha de realización.
- Tiempo estimado de realización.
- Fecha de inicio y fecha final.
- Nombre de los operarios que intervienen.
- Análisis de riesgos, precauciones a tener en cuenta y equipos de protección individual necesarios.
- Lista de herramientas y materiales necesarios.
- Lista de tareas a realizar. Es el punto más importante de la Orden de Trabajo Preventiva.
- Valores de referencia. Algunas de las actividades serán tomas de datos y mediciones, por lo que es necesario que en la Orden de Trabajo figuren los rangos normales, fuera de los cuales se entenderá que hay un problema.

Tareas de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento según (Garrido García, 2004, p. 44) son los trabajos que podemos realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- **Tipo 1:** Inspecciones visuales. Veíamos que las inspecciones visuales siempre son rentables. Sea cual sea el modelo de mantenimiento aplicable, las inspecciones visuales suponen un coste muy bajo, por lo que parece interesante echar un vistazo a todos los equipos de la planta en alguna ocasión.
- **Tipo 2:** Lubricación. Igual que en el caso anterior, las tareas de lubricación, por su bajo coste, siempre son rentables.

- **Tipo 3:** Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line). Este tipo de tareas consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo. Son, por ejemplo, la verificación de alarmas, la toma de datos
- de presión, temperatura, vibraciones, etc. Si en esta verificación se detecta alguna anomalía, se debe proceder en consecuencia. Por ello es necesario, en primer lugar, fijar con exactitud los rangos que entenderemos como normales para cada uno de los puntos que se trata de verificar, fuera de los cuales se precisará una intervención en el equipo. También será necesario detallar cómo se debe actuar en caso de que la medida en cuestión esté fuera del rango normal. Más adelante se describen los documentos donde es conveniente reflejar estos dos
- **Tipo 4:** Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos externos del equipo. Se pretende, con este tipo de tareas, determinar si el equipo cumple con unas especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales, que pueden ser usadas por varios equipos simultáneamente y que, por tanto, no están permanentemente conectadas a un equipo, como en el caso anterior. Podemos dividir estas verificaciones en dos categorías:
 - Las realizadas con instrumentos sencillos, como pinzas amperimétricas, termómetros por infrarrojos, tacómetros, vibrómetros, etc.
 - Las realizadas con instrumentos complejos, como analizadores de vibraciones, detección de fugas por ultrasonidos, termografías, análisis de la curva de arranque de motores, etc.
- **Tipo 5:** Limpiezas técnicas condicionales, dependiendo del estado en que se encuentre el equipo.
- **Tipo 6:** Ajustes condicionales, dependiendo de que el equipo haya dado síntomas de estar desajustado.
- **Tipo 7:** Limpiezas técnicas sistemáticas, realizadas cada cierta hora de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar cómo se encuentre el equipo.
- **Tipo 8:** Ajustes sistemáticos, sin considerar si el equipo ha dado síntomas de estar desajustado.

- **Tipo 9:** Sustitución sistemática de piezas, por horas de servicio o por fecha de calendario, sin comprobar su estado.
- **Tipo 10:** Grandes revisiones, con la sustitución de todas las piezas sometidas a desgaste aspectos.

Antecedentes

(CAVERO, 2019) En su propuesta de gestión de mantenimiento para una flota de transporte terrestre, concluye que con la propuesta de mejora se redefine la frecuencia de atención preventiva para el mantenimiento de las unidades. Los intervalos de tiempo y/o kilometraje, indicado por el fabricante, permite aumentar las horas de funcionamiento de los vehículos de transporte reduciendo la frecuencia de ingreso de mantenimiento correctivo e incrementando 928 horas mensuales de operación de la flota de transporte con la que cuenta actualmente la empresa. También finiquita que al analizar la viabilidad económica de la propuesta se obtuvo una VAN positiva comparando con una tasa de oportunidad del 4% y la TIR del proyecto de ese 80.04% en 3 años de ejecución de la propuesta. Es decir, con los ahorros que se generarán al implementar la propuesta y disminuir los costos de tercerización, la empresa recuperará lo invertido en 3 años con intereses de hasta 80%.

Según (ALLALI, 2016) que en su propuesta de un plan de mantenimiento para una flota vehicular define al mantenimiento como el conjunto de actividades destinadas a mantener o restablecer un bien a un estado o condiciones dadas de buen funcionamiento. Entre los principales objetivos del mantenimiento se encuentra con mayor prioridad la rentabilidad de una empresa; por ello el mantenimiento debe estar orientado a conseguir la mayor rentabilidad posible. Según lo anunciado anteriormente, se debe llegar a un equilibrio entre los costes de falta de mantenimiento y los de un mantenimiento excesivo o innecesario. También este autor expresa que el objetivo de los planes de mantenimiento de las flotas de vehículos es disminuir el mantenimiento correctivo, para reemplazarlo por mantenimiento preventivo.

(RODRIGUEZ, 2018) manifiesta en su propuesta de Plan de Mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa tranzit s.a.s, que en un Plan de Mantenimiento basado en RCM es importante tener el historial de cada una de las fallas de un equipo con el fin de analizar por medio de AMEF, el impacto de las mismas y generar tareas tendientes a la mejora continua de indicadores de gestión tales como disponibilidad y confiabilidad. Se realizó el trabajo y se identificó que en la compañía el

cálculo de la disponibilidad y confiabilidad no tiene en cuenta los tiempos de operación, tiempo que un móvil se encuentra en mantenimiento, ni tampoco el tiempo de ejecución de mantenimiento preventivo. También define que basado en el análisis de la falla se estructuró la propuesta de mantenimiento basado en RCM en la flota de móviles de la compañía, obteniendo tareas rutinarias específicas para los sistemas de análisis para disminuir el impacto del tipo de operación que maneja el SITP en la ciudad de Bogotá D.C.

Para (Padilla Valdez, 2012, p. 1) en su Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar, determina que la gestión moderna de mantenimiento, aborda, empresa-producción-mantenimiento como un todo, donde los objetivos de la función mantenimiento son paralelos a los objetivos de la función producción y en conjunto, los dos, paralelos a las metas de la empresa. Así, se presentan variedad de estudios, técnicas y formulaciones, enmarcadas en optimizar el mantenimiento para alcanzar el rendimiento máximo posible de la empresa. Los aspectos fundamentales relacionados con una adecuada estructuración y funcionalidad de la empresa, condicionan su aplicabilidad según: tipo y tamaño de empresa, modelos de productividad, tecnificación de los equipamientos, recursos disponibles, modelos de soporte de mantenimiento, etc.

(Padilla Valdez, 2012, p. 179) En su Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de Cañar. Manifiesta que su proyecto es sustentable, a partir del análisis de viabilidad efectuado. También el autor menciona que conjuntamente la planificación de mantenimiento con la tercerización asegurará la disponibilidad requerida de las unidades, es el uso eficaz y eficiente de herramientas administrativas e informáticas.

(Villacrés Parra, 2016, p. 73) Concluye en su Desarrollo de un Plan de Mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vector m654 de la empresa etapa EP, que luego de la aplicación del plan de mantenimiento a partir del año 2015 y de haber ejecutado las actividades correctivas (determinadas a través de la aplicación de la metodología RCM), se determinó que la tasa de fallos del vehículo se redujo de 11 a 6 fallos por año; esto representa una reducción del 45% de la tasa de fallos en el nuevo periodo de analizado.

Justificación

Los costos elevados innecesarios de mantenimiento en una empresa de transporte es un factor muy **importante** para la alta gerencia, por lo cual es conveniente realizar una inversión para ejecutar un Plan de Mantenimiento bien estructurado, con la finalidad de evitar costos innecesarios en reparaciones que se pueden prevenir y así evitar problemas irreverentes antes de que se conviertan en contratiempos grandes que necesiten más recursos y tiempo para solucionarlo.

Debido a lo anteriormente mencionado, el presente trabajo se orienta en la **importancia** de realizar un Plan de Mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos, con el objetivo de garantizar una reducción de los tiempos improductivos de los buses por reparación de averías que surgen a causa de la falta de mantenimiento.

El presente estudio tiene un **impacto** positivo de tipo administrativo y operativo para la flota de los buses urbanos, ya que incide en la facilidad de toma de decisiones mediante un Plan de Mantenimiento basado en la confiabilidad, en conjunto con una herramienta informática, donde se gestiona y administra las ordenes de trabajo y las tareas de mantenimiento que se deben efectuar a los equipos para prevenir fallos o averías, con lo cual se aumentara el tiempo de disponibilidad de los buses disminuyendo los paros de mantenimiento correctivo, dando como resultado la reducción de costos y la mejora de la calidad y seguridad del servicio que presta la flota de buses.

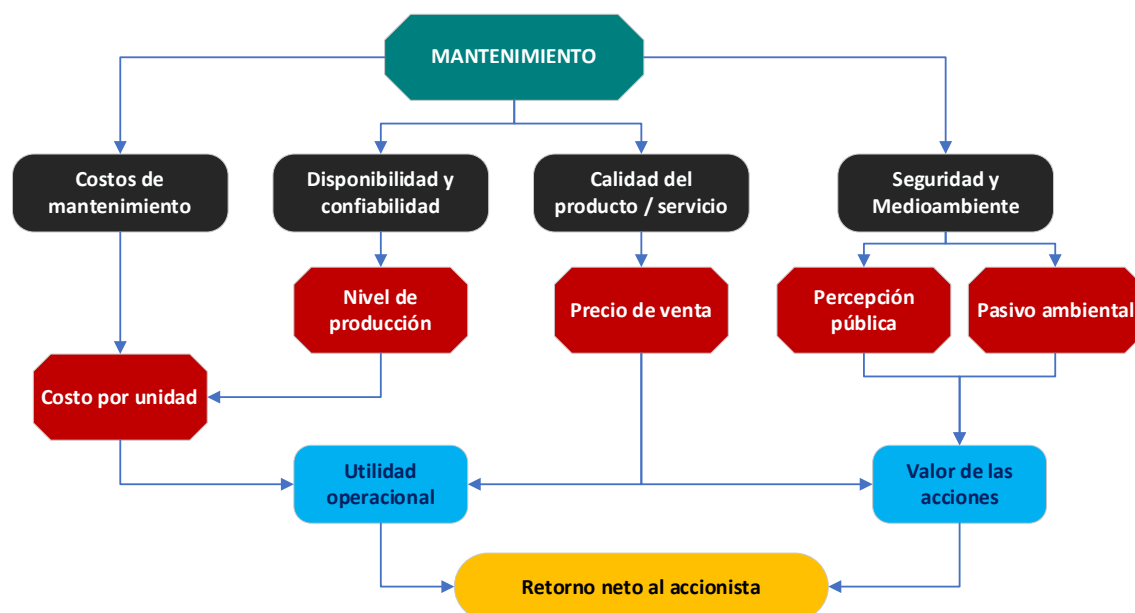


Figura 3 Impactos del mantenimiento en una empresa.

Fuente: Darko Louit

Elaborado por: Investigador

Este cuadro de la figura número 3 demuestra gráficamente los impactos positivos que tiene el mantenimiento en la reducción de costes, como también en el aumento de la disponibilidad, calidad y seguridad de un equipo, dando como resultado un retorno efectivo de la inversión de su aplicación.

Esta propuesta metodológica se interpreta como un instrumento de suma **utilidad** para la gestión del mantenimiento en una flota de buses urbanos, ya que se incorpora una herramienta informática que permite mejorar la organización de los datos que requiere un plan de mantenimiento para una eficiente ejecución de acciones necesarias en las unidades. Este sistema informático es de gran conveniencia en la elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, puesto que ayuda a registrar, almacenar y organizar datos de mantenimiento, como las especificaciones técnicas de los buses, las averías que son ocurrentes en los mismos, las acciones que se deben tomar cuando existe una avería, etc. Por otro lado, este mecanismo informático ayudara a automatizar algunos documentos de gestión, como también actividades que se aproximan periódicamente para un mantenimiento preventivo, por otra parte, gracias a esta herramienta se puede observar y analizar los costos de mantenimiento que se derivan en recursos utilizados y los tiempos de para por avería o por mantenimiento planificado.

Los **beneficiarios** que se conjugan con un acorde Plan de Mantenimiento RCM en una flota de buses urbanos, son, en primer lugar, los propietarios de la cooperativa de transporte, puesto que, con esta gestión de mantenimiento, se obtendrá un conjunto de órdenes de trabajo que contienen las tareas de mantenimiento, que se encuentran programadas para asegurar la inexistencia de averías y minimizar lo máximo posible las paras de producción y así tener una disponibilidad acorde con lo que se haya planificado. Otros beneficiarios son el conductor de la unidad, como también los pasajeros del mismo, en vista que si no hay averías en el autobús disminuye la probabilidad de que ocurra un accidente, lo cual asegura la integridad y salud de los ciudadanos de mejor manera, así también aumenta la calidad del servicio de transporte lo que beneficia a los pasajeros. De igual forma aumenta la seguridad vial, llegando a la inexistencia de gastos por accidentes, como tampoco por arreglos de los buses, así, la alta gerencia de la cooperativa de los buses se pude ver beneficiada con la implementación de esta filosofía de gestión del mantenimiento RCM ya que se ahorra costos que se pueden evitar y se reduce la probabilidad de riesgos y catástrofes viales para los buses.

Después de analizar todo lo antes mencionado se puede decir que este proyecto es factible aplicarlo, puesto que, un Plan de Mantenimiento basado en la confiabilidad en una flota

de buses urbanos, ayuda a reducir de manera importante los paros de productividad de las unidades por fallos o averías, esto es directamente proporcional con la seguridad vial y la integridad de los ciudadanos, así pues, se puede evitar catástrofes viales, se aumenta la seguridad tanto del conductor como el de los pasajeros, y por lo tanto la calidad del servicio, por último se puede decir que se genera un aumento de la rentabilidad por parte de la cooperativa de transporte ya que se evita desembolsos innecesarios por mantenimiento correctivo o por gastos evitables.

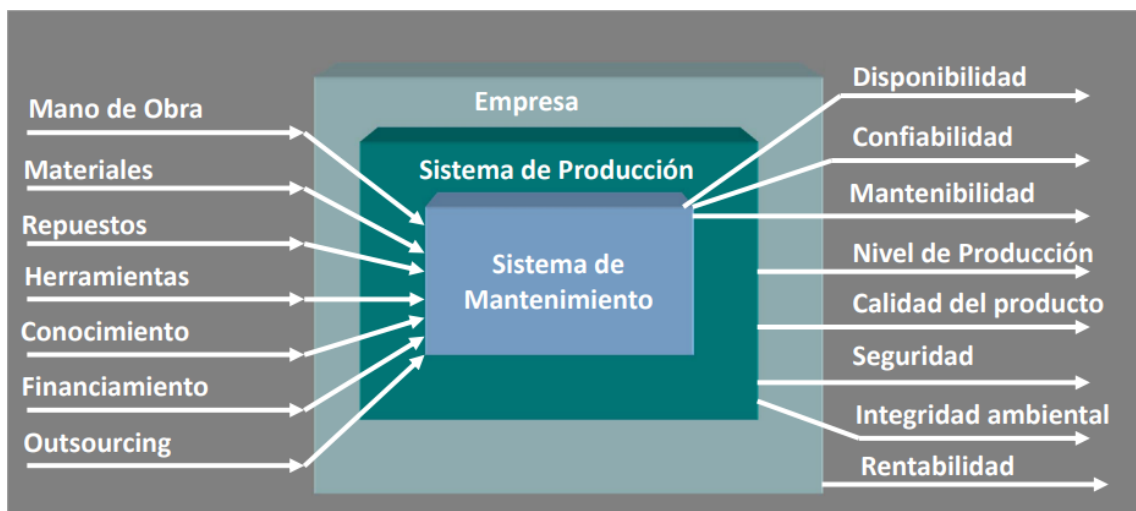


Figura 4 Método Input-Output del sistema de mantenimiento.

Fuente: Darko Louit

Elaborado por: Darko Louit

En este gráfico de la figura número 4 es una representación Input-Output de un sistema de mantenimiento, se puede observar sus respectivas entradas como también, los resultantes del mismo que vendrían hacer sus salidas.

Objetivo General

Elaborar un Plan de Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de quito, analizando los datos históricos de mantenimiento de las unidades, para adaptar técnicas que reduzcan los tiempos de paro por reparaciones imprevistas.

Objetivos Específicos

- Analizar los registros históricos de mantenimiento que lleva a cabo la flota de buses, identificando cuales son las averías más comunes que pueden surgir en las

unidades, y como se solucionan las mismas, para la aplicación de toda esta información en el Plan de Mantenimiento RCM.

- Diseñar un Plan de Mantenimiento basada en la confiabilidad RCM, mediante el análisis de todos los fallos potenciales que puedan originarse en la flota de buses, determinando las causas y sus posibles soluciones, con el fin de aumentar la fiabilidad y disponibilidad de las unidades y consecuente a esto disminuir los costos de mantenimiento.
- Implementar un recurso informático mediante un libro de cálculo en Excel, para llevar el Plan de Mantenimiento que se aplicará a una flota de buses urbanos, donde se recolectará toda la información enfocada al mantenimiento de los mismos.
- Determinar la influencia de la aplicación del mantenimiento preventivo con los costos de reparación de buses que sufren averías o fallas, por medio de herramientas estadísticas de correlación, con el propósito de generar estrategias de gestión del mantenimiento.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Análisis de la Empresa

La flota de buses cuenta con un Plan de Mantenimiento Preventivo específicamente para el cambio de aceite de motor y el cambio de llantas las mismas que se realizan en el taller mecánico de la empresa como se puede observar en el anexo número 18. Estas tareas de preventivas no son suficientes, ya que esta gestión del mantenimiento que se aplica a las unidades (anexo17), es muy simple, por el motivo en que solo se tiene en cuenta estas dos tareas preventivas, por lo tanto, no abarca todos los componentes a los que se debe aplicar mantenimiento preventivo, lo que puede causar que se pase por alto algunas posibles fallas que las unidades pueden sufrir, dado que estas llegan a tener averías de distintos sistemas, ya sea mecánico, neumático, eléctrico, estructural e hidráulico.

Por consecuencia de esta carencia de gestión, la flota de buses no lleva una buena planificación en la relación de las tareas de mantenimiento con los tiempos de parada de los buses, así se puede ver afectado la productividad de la cooperativa por elevados tiempos muertos. La ausencia de la planificación de tareas preventivas puede reflejarse en el aumento de costos por reparación de los buses como también en el aumento de costos por tiempo de parada por mantenimiento correctivo hacia los mismos.

Otro punto notable es que la gestión de mantenimiento de las unidades viene a ser muy flexible ya que no hay rigidez en los procedimientos de inspección, esto quiere decir que se postergan en horas o en días la parada de los buses para aplicar el mantenimiento planificado. Si puede existir un pequeño porcentaje de flexibilidad ya que el objetivo no es realizar pausas de mantenimiento por simplicidades que no lo ameriten, pero tampoco se debe dejar de gestionar un equipo que posiblemente requiera de mantenimiento urgente.

Debido a esto se puede evidenciar que la flota de los buses cuenta con un Plan de Mantenimiento más Correctivo que Preventivo, por la razón de que la mayoría de las

acciones que se aplican a las unidades son para la reparación de fallas y más no para prevenir a las mismas.

La flota de buses urbanos lleva un registro de su información con una herramienta informática, la cual no contiene todos los recursos que requiere tener un sistema de gestión de mantenimiento, eso puede llegar a ocasionar carencia de información necesaria para evitar o amortiguar fallos funcionales o técnicos que puedan surgir, por lo tanto, si no se tiene un histórico de los fallos no se puede elaborar un adecuado Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad.

En relación a este proyecto, se tiene dos estudios que asemejan al mismo como es el trabajo de (RODRIGUEZ, 2018) que realizó una “propuesta de Plan de Mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de vehículos de la empresa transit s.a.s. y el de (Villacrés Parra, 2016, p. 73) que desarrolló un Plan de Mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa etapa EP”,

Por lo tanto, se tiene en cuenta todas las recomendaciones y factores importantes que expusieron los autores con la conclusión de sus trabajos realizados, ya que se asemejan al propuesto para la flota de buses, debido a que aplican mantenimiento basado en la confiabilidad RCM a vehículos.

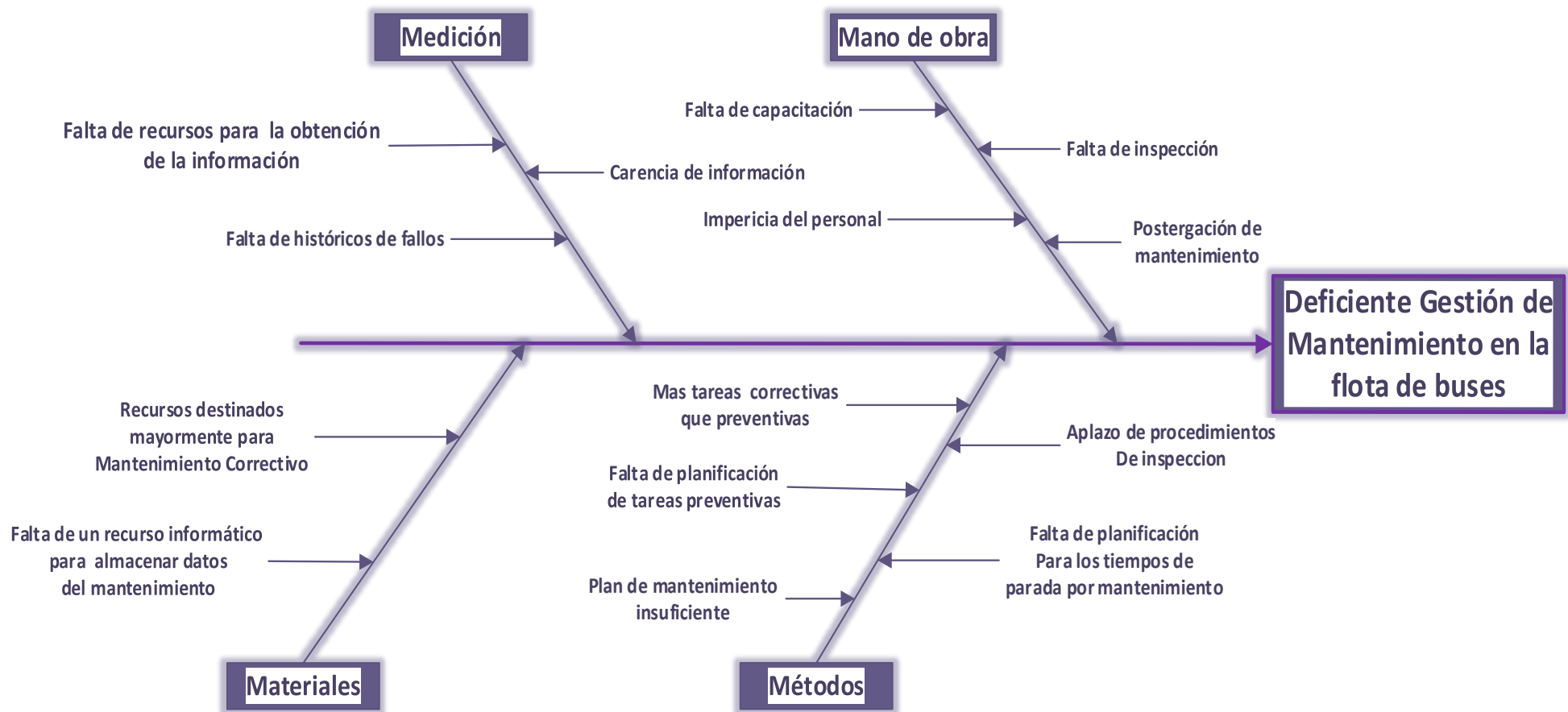


Figura 5 Diagrama Causa - Efecto de la problemática del estudio

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Se elaboró un diagrama de Ishikawa, donde se identificó las causas potenciales que influyen en la deficiente gestión de mantenimiento que existe en la flota de buses, las cuales son por carencia de información, falta de recursos, falta de capacitación de las personas, métodos aplicados equívocos y falta de planificación de mantenimiento.

A continuación, se presenta algunos de los datos, tablas, documentos y registros de mantenimiento de la situación actual de la flota de los buses.

Tabla 1 Registro de las unidades de la flota de buses

Nº	DISCO	REGISTRO MUNICIPAL	MARCA	AÑO	MODELO	SISTEMA	RUTA
1	1	2003	VOLKSWAGEN	2005	17210 OD BUS URB	CONVENCIONAL	SEMINARIO
2	3	1993	MERCEDEZ BENZ	2004	OF 1721/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO
3	4	502	MERCEDEZ BENZ	2006	OF 1721/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO
4	6	1992	VOLKSWAGEN	2003	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
5	7	557	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO
6	8	2184	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
7	9	2016	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
8	13	499	YUTONG	2012	ZK6118HGA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
9	14	520	VOLKSWAGEN	2011	17210 OD	ALIMENTADOR	LABRADOR VR
10	16	2152	VOLKSWAGEN	2004	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
11	17	2137	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	INTRATERMINALES
12	18	2002	MERCEDEZ BENZ	2001	OF-1620/60 BUS	CONVENCIONAL	SEMINARIO
13	19	526	MERCEDEZ BENZ	2004	OF 1721/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO
14	22	2123	VOLKSWAGEN	2005	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
15	25	515	VOLKSWAGEN	2004	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
16	28	2099	HINO	2018	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	INTRATERMINALES
17	30	1997	HINO	2018	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	LABRADOR VR
18	31	519	VOLKSWAGEN	2004	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
19	36	2146	MERCEDEZ BENZ	2001	OF 1620/60	CONVENCIONAL	SEMINARIO
20	39	2194	HINO	2008	FG1JPUZ	CONVENCIONAL	SEMINARIO
21	40	2012	CHEVROLET	2009	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BREAK	CONVENCIONAL	SEMINARIO

Tabla 1 Continuación

Nº	DISCO	REGISTRO MUNICIPAL	MARCA	AÑO	MODELO	SISTEMA	RUTA
22	41	2192	HINO	2003	RK1JSTL	CONVENCIONAL	SEMINARIO
23	43	1985	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
24	44	1976	VOLKSWAGEN	2005	17210 OD BUS URB	CONVENCIONAL	SEMINARIO
25	45	2150	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	LABRADOR VR
26	46	2022	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
27	47	517	VOLKSWAGEN	2004	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
28	48	2135	MERCEDEZ BENZ	2006	OF 1721/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO
29	49	2212	HINO	2012	AK8JRSA	ALIMENTADOR	KENNEDY
30	50	1995	VOLKSWAGEN	2005	17210 OD CHASIS SIN CABINA	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO
31	61	498	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
32	62	2200	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD	CONVENCIONAL	SEMINARIO
33	63	538	VOLKSWAGEN	2005	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
34	64	2151	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO
35	65	2130	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD BUS URB	CONVENCIONAL	SEMINARIO
36	66	525	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
37	67	542	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
38	68	2017	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
39	69	1971	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
40	70	2755	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD	CONVENCIONAL	SEMINARIO

Tabla 1 Continuación

Nº	DISCO	REGISTRO MUNICIPAL	MARCA	AÑO	MODELO	SISTEMA	RUTA
41	71	510	VOLKSWAGEN	2014	17210 OD 6.4 4X2 TM DIESEL CN	CONVENCIONAL	SEMINARIO
42	86	1983	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
43	87	556	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
44	88	544	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
45	89	503	MERCEDEZ BENZ	2002	OF 1721/52	CONVENCIONAL	SEMINARIO
46	90	521	VOLKSWAGEN	2005	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
47	91	534	VOLKSWAGEN	2014	17210 OD 6.4 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	KENNEDY
48	92	516	VOLKSWAGEN	2010	17210 OD BUS	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO
49	93	522	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
50	94	2156	HINO	2003	RK1JSTL	CONVENCIONAL	SEMINARIO
51	96	2179	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	KENNEDY
52	97	501	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	KENNEDY
53	98	2141	MERCEDEZ BENZ	2005	OF 1722/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO
54	99	509	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	ARGELIA
55	100	507	VOLKSWAGEN	2002	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
56	101	504	MERCEDES BENZ	2005	OF 1721/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO
57	102	2019	VOLKSWAGEN	2004	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
58	103	2072	CHEVROLET	2008	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BREAK	CONVENCIONAL	SEMINARIO
59	104	2015	VOLKSWAGEN	2003	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
60	106	2157	HINO	2016	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	KENNEDY

Tabla 1 Continuación

Nº	DISCO	REGISTRO MUNICIPAL	MARCA	AÑO	MODELO	SISTEMA	RUTA
61	107	500	HINO	2013	AK8JRSA TM 7.6 2P 4X2	CONVENCIONAL	SEMINARIO
62	108	533	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
63	110	1980	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO
64	112	2143	VOLKSWAGEN	2006	17210 OD CHASIS SIN CABINA	CONVENCIONAL	SEMINARIO
65	113	518	HINO	2017	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	ALIMENTADOR	LABRADOR VR
66	114	528	HINO	2007	FG1JPUZ	ALIMENTADOR	KENNEDY
67	115	2006	MERCEDEZ BENZ	2005	OF 1722/59	CONVENCIONAL	SEMINARIO

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Se puede observar en la tabla número 1 el registro de las unidades que conforman la flota de buses con sus codificaciones (Registro municipal - Disco) y características generales correspondientes.

Tabla 2 Cronograma del cambio de aceite

REGISTRO MUNICIPAL	ABRIL				MAYO			
	REG KM MANTENIMIENTO MARZO	KM PROGRAMADOS ABRIL	PROGRAMACIÓN DÍAS ABRIL	FECHA DE CAMBIO ABRIL	REG KM MANTENIMIENTO ABRIL	KM PROGRAMADOS MAYO	PROGRAMACIÓN DÍAS MAYO	FECHA DE CAMBIO MAYO
519	49.985,70	5.834,70	27,00	20/4/2019	55.820,40	5.618,60	26,00	18/5/2019
520	52.379,08	5.983,36	28,00	17/4/2019	58.362,44	5.870,50	28,00	16/5/2019
521	51.300,30	5.834,70	27,00	6/4/2019	57.135,00	5.618,60	26,00	4/5/2019
2019	38.249,70	5.834,70	27,00	18/4/2019	44.084,40	5.618,60	26,00	16/5/2019
2022	53.296,70	5.834,70	27,00	12/4/2019	59.131,40	5.618,60	26,00	10/5/2019
2072	51.985,70	5.834,70	27,00	15/4/2019	57.820,40	5.618,60	26,00	13/5/2019
2099	88.489,20	5.924,16	28,00	18/4/2019	94.413,36	6.255,76	28,00	15/5/2019
2123	52.350,01	5.834,70	27,00	16/4/2019	58.184,71	5.618,60	26,00	14/5/2019
2130	51.983,70	5.834,70	27,00	5/4/2019	57.818,40	5.618,60	26,00	3/5/2019
2135	50.088,70	5.834,70	27,00	11/4/2019	55.923,40	5.618,60	26,00	9/5/2019
2137	112.297,9	5.924,16	28,00	19/4/2019	118.222,04	6.255,76	28,00	16/5/2019
2141	51.088,70	5.834,70	27,00	6/4/2019	56.923,40	5.618,60	26,00	4/5/2019
2151	106.948,0	5.751,00	28,00	19/4/2019	112.699,00	5.497,06	28,00	20/5/2019
2152	52.088,70	5.834,70	27,00	12/4/2019	57.923,40	5.618,60	26,00	10/5/2019
2157	228.726,1	5.073,62	28,00	29/4/2019	233.799,72	5.034,78	28,00	31/5/2019
2176	38.249,70	5.834,70	27,00	19/4/2019	44.084,40	5.618,60	26,00	17/5/2019
2179	108.945,5	5.073,62	28,00	30/4/2019	114.019,13	5.034,78	28,00	31/5/2019
2184	101.486,5	5.595,00	28,00	26/4/2019	107.081,50	5.918,15	29,00	25/5/2019

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la tabla número 2 se muestra un listado del cronograma para el cambio de aceite en la flota de buses, se realiza esto en base de las especificaciones técnicas del aceite de motor de cada bus, así se puede estimar hasta que día según su kilometraje se puede realizar el cambio de aceite.

Tabla 3 Cálculo del rendimiento de las llantas de los buses

DISCO	Registro Municipal	Marca	Costo (\$)	Fechas		Duración (días)	Medida de profundímetro		Kilómetros en odómetro		Duración (kilómetros)	Rendimiento (\$/km)
				de montaje (dd/mm/aa)	de desmontaje (dd/mm/aa)		al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)	al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)		
61	498	BARUM	401	43716	43966	250	15	1,5	138570	176070	37500	0,010693333
13	499	BARUM	401	43534	43779	245	15	1,5	140757	177507	36750	0,010911565
107	500	BARUM	401	43652	43902	250	15	1,5	101756	139256	37500	0,010693333
97	501	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	160332	197832	37500	0,010693333
4	502	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	152863	190363	37500	0,010693333
89	503	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	152404	189904	37500	0,010693333
100	507	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	163881	201381	37500	0,010693333
99	509	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	117005	154505	37500	0,010693333
105	510	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	145973	183473	37500	0,010693333
25	515	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	147218	184718	37500	0,010693333
92	516	BARUM	401	43743	43993	250	15	1,5	143022	180522	37500	0,010693333
112	517	BARUM	401	43638	43888	250	15	1,5	150323	187823	37500	0,010693333
113	518	BARUM	401	43534	43779	245	15	1,5	127524	164274	36750	0,010911565
31	519	BARUM	401	43638	43888	250	15	1,5	125430	162930	37500	0,010693333
14	520	BARUM	401	43730	43980	250	15	1,5	158575	196075	37500	0,010693333
90	521	BARUM	401	43534	43779	245	15	1,5	97740	134490	36750	0,010911565
93	522	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	150445	187945	37500	0,010693333
66	525	BARUM	401	43541	43786	245	15	1,5	117280	154030	36750	0,010911565
19	526	BARUM	401	43743	43993	250	15	1,5	163265	200765	37500	0,010693333

Tabla 3 Continuación

DISCO	Registro Municipal	Marca	Costo (\$)	Fechas		Duración (días)	Medida de profundímetro		Kilómetros en odómetro		Duración (kilómetros)	Rendimiento (\$/km)
				de montaje (dd/mm/aa)	de desmontaje (dd/mm/aa)		al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)	al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)		
108	533	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	157512	195012	37500	0,010693333
91	534	BARUM	401	43652	43902	250	15	1,5	133523	171023	37500	0,010693333
10	538	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	140343	177843	37500	0,010693333
67	542	BARUM	401	43743	43993	250	15	1,5	141793	179293	37500	0,010693333
88	544	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	159573	197073	37500	0,010693333
87	556	BARUM	401	43715	43965	250	15	1,5	112966	150466	37500	0,010693333
7	557	BARUM	401	43715	43965	250	15	1,5	113506	151006	37500	0,010693333
69	1971	BARUM	401	43764	44014	250	15	1,5	143035	180535	37500	0,010693333
44	1976	BARUM	401	43730	43980	250	15	1,5	158932	196432	37500	0,010693333
111	1977	BARUM	401	43638	43888	250	15	1,5	150035	187535	37500	0,010693333
110	1980	BARUM	401	43715	43965	250	15	1,5	135310,204	172810,204	37500	0,010693333
5	1983	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	106343	143843	37500	0,010693333
43	1985	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	129651	167151	37500	0,010693333
6	1992	BARUM	401	43701	43951	250	15	1,5	107007	144507	37500	0,010693333
3	1993	BARUM	401	43639	43888	249	15	1,5	120657,78	158007,78	37350	0,010736278
30	1997	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	155590	193090	37500	0,010693333
19	2002	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	159307	196807	37500	0,010693333
1	2003	BARUM	401	43610	43860	250	15	1,5	104491	141991	37500	0,010693333
47	2006	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	146405	183905	37500	0,010693333
40	2012	BARUM	401	43701	43951	250	15	1,5	132342	169842	37500	0,010693333

Tabla 3 Continuación

DISCO	Registro Municipal	Marca	Costo (\$)	Fechas		Duración (días)	Medida de profundímetro		Kilómetros en odómetro		Duración (kilómetros)	Rendimiento (\$/km)
				de montaje (dd/mm/aa)	de desmontaje (dd/mm/aa)		al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)	al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)		
9	2016	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	136093	173593	37500	0,010693333
68	2017	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	113308	150808	37500	0,010693333
102	2019	BARUM	401	43764	44014	250	15	1,5	143906	181406	37500	0,010693333
46	2022	BARUM	401	43681	43931	250	15	1,5	146069	183569	37500	0,010693333
109	2072	BARUM	401	43730	43980	250	15	1,5	133647	171147	37500	0,010693333
101	2099	BARUM	401	43534	43779	245	15	1,5	137714	174464	36750	0,010911565
22	2123	BARUM	401	43743	43993	250	15	1,5	148575	186075	37500	0,010693333
65	2130	BARUM	401	43715	43965	250	15	1,5	162465	199965	37500	0,010693333
48	2135	BARUM	401	43715	43965	250	15	1,5	132746	170246	37500	0,010693333
17	2137	BARUM	401	43764	44014	250	15	1,5	146582	184082	37500	0,010693333
98	2141	BARUM	401	43659	43909	250	15	1,5	121238	158738	37500	0,010693333
103	2143	BARUM	401	43743	43993	250	15	1,5	139640	177140	37500	0,010693333
36	2146	BARUM	401	43639	43888	249	15	1,5	147456	184806	37350	0,010736278
45	2150	BARUM	401	43632	43882	250	15	1,5	82052	119552	37500	0,010693333
95	2151	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	152766	190266	37500	0,010693333
16	2152	BARUM	401	43701	43951	250	15	1,5	126913	164413	37500	0,010693333
94	2156	BARUM	401	43701	43951	250	15	1,5	104897	142397	37500	0,010693333
106	2157	BARUM	401	43652	43902	250	15	1,5	122959	160459	37500	0,010693333
96	2179	BARUM	401	43610	43860	250	15	1,5	88911	126411	37500	0,010693333
8	2184	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	163062	200562	37500	0,010693333

Tabla 3 Continuación

DISCO	Registro Municipal	Marca	Costo (\$)	Fechas		Duración (días)	Medida de profundímetro		Kilómetros en odómetro		Duración (kilómetros)	Rendimiento (\$/km)
				de montaje (dd/mm/aa)	de desmontaje (dd/mm/aa)		al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)	al montaje (mm.)	al desmontaje (mm.)		
39	2194	BARUM	401	43681	43931	250	15	1,5	102565	140065	37500	0,010693333
62	2200	BARUM	401	43673	43923	250	15	1,5	126995	164495	37500	0,010693333
49	2212	BARUM	401	43708	43958	250	15	1,5	137676	175176	37500	0,010693333
70	2755	BARUM	401	43681	43931	250	15	1,5	133857	171357	37500	0,010693333

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Se realizó la tabla número 3 para medir el rendimiento de los neumáticos con el uso de los buses, esto se hace con una relación inversamente proporcional del costo de la llanta con la duración estimada de la misma, se puede visualizar un ejemplo en el siguiente cálculo.

$$Rendimiento = \frac{\text{Costo del neumático (\$)}}{\text{Duración del neumático (km)}}$$

$$Rendimiento = \frac{401 \$}{37500 \text{ km}}$$

$$Rendimiento = 0,0107 \text{ \$/km}$$

La duración de las llantas se calculó con la diferencia de los kilómetros recorridos al momento de montar la llanta con la de los kilómetros recorridos al momento de desmontar la misma. Como resumen de los valores de la tabla número 3 se puede determinar que el rendimiento de los neumáticos BARUM está entre los 0,0107 \$/km y 0,0109 \$/km.

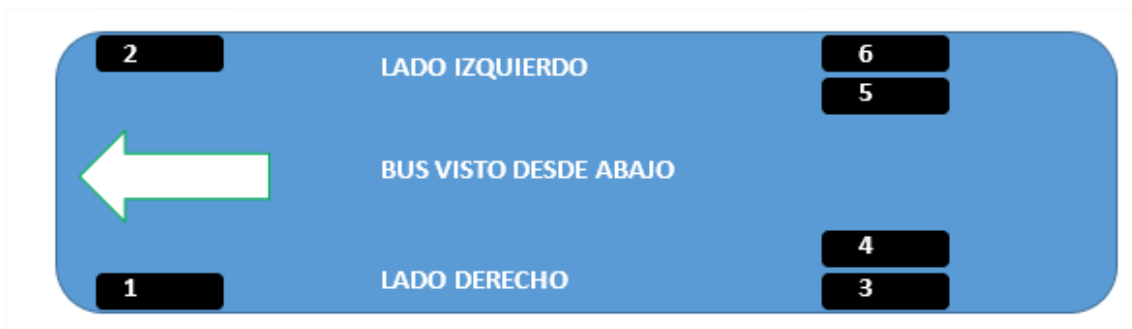


Figura 6 Esquema de la vista inferior de un bus para enumerar sus llantas.

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la figura número 6 está el esquema de un bus en su vista inferior donde se puede observar la numeración de los neumáticos que ocupan los buses, se realiza esto para determinar que neumático es el que tiene mejor rendimiento dependiendo de su posición. Como pudimos ver un ejemplo de este cálculo en la tabla 3 la cual se realizó al neumático número 1.

Por otro lado, se encuentra la tabla número 4 la cual representa el historial de las medidas de las llantas que se tiene para cada unidad, donde se coloca la medida de la llanta, el kilometraje y por ultimo las observaciones que han existido.

Tabla 4 Historial de medidas de las llantas

TOMA DE MEDIDA DE LLANTAS Y KILOMETRAJE									
UNIDAD	LLANTAS						OBSERVACIONES	KILOMETRAJE	OBSERVACIONES
	DELANTERAS		POSTERIORES						
	1	2	1	2	3	4			
1	7,5	10,6	15,4	14,5	10,2	10,4			
3	6,2	8,5	10,2	11	13,2	12			
4	4,7	5,7	7,7	7,3	7,1	8,1		790384	
6	11	11,2	12,1	12	12,2	12,4			
7	12,6	12,5	3,2	3,6	4,5	4,2			
8	13	12,7	10,6	9,3	4,8	5,3			
9	10,2	10,8	4,7	5,2	9,2	10,4		214285	
13	6,9	7,3	9,6	10,5	11,3	10,9		409759	
14	5,7	7,1	5,4	4,5	15,2	14,2		196220	
16	7,2	5,5	5,7	4,6	5,8	5,3			
17	5,4	5,8	6,9	6,1	9,1	5,4		198154	
18	5,1	6,5	2,5	2,7	5,2	5,8			
19	8,7	8,3	13,4	13,6	15,7	14,6		60824	

Tabla 4 Continuación

TOMA DE MEDIDA DE LLANTAS Y KILOMETRAJE									
UNIDAD	LLANTAS						OBSERVACIONES	KILOMETRAJE	OBSERVACIONES
	DELANTERAS		POSTERIORES						
	1	2	1	2	3	4			
22	8,6	14,5	13,5	13,3	3,5	3,5			
25	12,8	12,7	11,9	9,1	10,8	9,12			
28	5,4	9,1	11,9	11,4	11,9	11,6			
30	13,8	8,3	4,1	4,5	12,8	14,1		123813	
31	6,2	6,1	8,7	7,2	11,5	11,9	VIRAR LLANTAS DELANTERAS		
36	9,1	9,3	13,1	12,9	13,5	13,1			
39							LA UNIDAD NO SE ENCUENTRA AL MOMENTO DE LA TOMA DE MEDIDAS		
40	11,2	12,4	14,3	12,5	7,8	5,8			
41	8,9	13	12,8	12,6	3,5	4,6			
43	7,6	8,5	10,4	10,2	9,8	9,2			
44	6,1	9,1	9,8	10,1	9	9,7			
45	4,3	5,1	9,4	9,5	8,7	8,1		174617	

Tabla 4 Continuación

TOMA DE MEDIDA DE LLANTAS Y KILOMETRAJE									
UNIDAD	LLANTAS						OBSERVACIONES	KILOMETRAJE	OBSERVACIONES
	DELANTERAS		POSTERIORES						
	1	2	1	2	3	4			
47									
48	4,5	7,3	3	3,2	8	8,3		542328	
49	10,1	12,2	6,1	4,2	5,2	5,4			
50	11,3	12,5	7,8	8,5	9	8,2			
60									
61	9,2	10,5	13,2	13,2	11,2	11,6			
62	8,2	9,1	4,2	3,4	5,9	4,3			
63	5,4	8,2	5	5,7	6,2	6,7			
64							DETENIDA		
65							DETENIDA		
66	8,9	9,7	12,2	13,4	10,4	8,2			
67	7,4	9,4	9	8,8	8,6	9,5			
68	7,7	8,2	1,8	12,6	13,9	13			

Tabla 4 Continuación

TOMA DE MEDIDA DE LLANTAS Y KILOMETRAJE									
UNIDAD	LLANTAS						OBSERVACIONES	KILOMETRAJE	OBSERVACIONES
	DELANTERAS		POSTERIORES						
	1	2	1	2	3	4			
69	7,2	6,8	5,4	6,5	11,5	12			
70	10,2	11,5	4,8	4,6	8,5	6,8			
71	9,8	7,8	11,4	12,2	17,5	16,8		4310221	
86	5,4	5,2	1,4	2,7	1,8	5,76			
87	8,4	8,6	13,2	13,4	5,7	6,5		197188	
88	2,1	7,2	6,3	6,8	14,2	14,8			
89	6,5	7,7	9	9,5	8,5	8,7			
90	8,7	6,7	8,2	6,5	7,3	6,8			
91							LA UNIDAD NO SE ENCUENTRA AL MOMENTO DE LA TOMA DE MEDIDAS		
92	12,7	13,4	7,9	5,2	4,5	4,5			
93	7,8	10,1	6,1	4,6	13,2	14,4			

Tabla 4 Continuación

TOMA DE MEDIDA DE LLANTAS Y KILOMETRAJE									
UNIDAD	LLANTAS						OBSERVACIONES	KILOMETRAJE	OBSERVACIONES
	DELANTERAS		POSTERIORES						
	1	2	1	2	3	4			
94	4,1	6,5	3,4	5,8	4,4	4,5			
96	12,8	13,2	8,7	7,9	7,9	7,6		181041	
97	13,7	11,2	7,2	5,2	13,7	14,6		190522	
98	14,9	9	8,6	7,8	7	7,3			
99	8,3	8,2	11,7	12,5	7,7	6,8		202738	
100	8,4	7,4	3,2	3,7	1,6	4,1			
101	12,1	12,5	14,1	13,6	14,3	14,2		445451	
102	3,9	2,5	4,9	2,1	12,6	7,7			
103	8,5	7,9	14	15	3,2	4,8			
104	12,3	12,4	14,5	14	14,5	13,6			

Tabla 4 Continuación

TOMA DE MEDIDA DE LLANTAS Y KILOMETRAJE									
UNIDAD	LLANTAS						OBSERVACIONES	KILOMETRAJE	OBSERVACIONES
	DELANTERAS		POSTERIORES						
	1	2	1	2	3	4			
106							LA UNIDAD NO SE ENCUENTRA AL MOMENTO DE LA TOMA DE MEDIDAS		
108	11,1	10,9	9,1	9,6	4,5	4,2			
109	5,6	6,1	7,5	12,1	7,1	7			
110	6,2	8,4	12,7	13,2	8,7	8,8			
111	8,1	9,8	1,2	1,9	5,1	4,1		233792	
112	6,7	8,8	4,5	4,8	7,1	4,2			
113	7,2	7,9	3,4	3,2	3,4	3,6		186136	
114	9,5	10,2	11,5	11,7	6,5	4,5		503951	
115									

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 5 Registro de órdenes de trabajo en la flota de buses

Nº DE ORDEN	E / F	FECHA	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	UNIDAD	RM	ACTIVIDAD	SUBSISTEMA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO	TIPO DE TRABAJO	Nº DE ACTIVIDAD	TÉCNICO 1
1	OK	1/5/2020	8:00:00	12:00:00	13	499	COMPLETAR 1 GALÓN ACEITE DE CAJA CAMBIO ACEITE CORONA CHEQUEO ACEITE MOTOR	LUBRICACIÓN	4:00:00	P	2	DAVID CARDONA
1	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	13	499	REGULADA DE FRENOS CHEQUEO DE BANDAS	FRENOS	0:00:00	P	2	DAVID CARDONA
1	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	13	499	ENGRASADA SOPLETEADA DE RADIADOR Y FILTROS	INYECCIÓN	0:00:00	P	2	DAVID CARDONA
1	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	13	499	CHEQUEO AIRE PENDIENTE ZAPATAS 1 MES CAMBIO DE ACEITE 13/03 CALIBRACIÓN	NEUMÁTICO	0:00:00	P	1	DAVID CARDONA
2	OK	1/5/2020	8:00:00	12:00:00	68	2017	CHEQUEO DE CRUCETAS REAJUSTE CARDAN	EJE CARDAN	4:00:00	P	2	HENRY YUGCHA
2	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	68	2017	REGULACIÓN DE FRENOS	FRENOS	0:00:00	P	1	HENRY YUGCHA

Tabla 5 Continuación

Nº DE ORDEN	E / F	FECHA	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	UNIDAD	RM	ACTIVIDAD	SUBSISTEMA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO	TIPO DE TRABAJO	Nº DE ACTIVIDAD	TÉCNICO 1
2	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	68	2017	CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS CHEQUEO CAÑERÍAS	INYECCIÓN	0:00:00	P	2	HENRY YUGCHA
2	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	68	2017	REVISIÓN DE FLUIDOS ENGRASADA CAMBIO MAGUERA HIDRÁULICA	BOMBONA	0:00:00	P	2	HENRY YUGCHA
3	OK	1/5/2020	8:00:00	12:00:00	3	1993	CHEQUEO FUGA DE AIRE Y CAMBIO DE UNIÓN 1/4 CHEQUEO Y ARREGLO DE FUGA DE VÁLVULA CHECK	NEUMÁTICO	4:00:00	P	3	GEOVANNY QUERIDO
3	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	3	1993	REGULADA DE FRENOS	FRENOS	0:00:00	P	1	GEOVANNY QUERIDO
3	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	3	1993	CHEQUEO DE ACEITE DE CAJA Y TRANSMISIÓN ENGRASADA	LUBRICACIÓN	0:00:00	P	2	GEOVANNY QUERIDO

Tabla 5 Continuación

Nº DE ORDEN	E / F	FECHA	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	UNIDAD	RM	ACTIVIDAD	SUBSISTEMA	TIEMPO DE MANTENIMIENTO	TIPO DE TRABAJO	Nº DE ACTIVIDAD	TÉCNICO 1
3	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	3	1993	CHEQUEO CRUCETA CARDAN	EJE CARDAN	0:00:00	P	1	GEOVANNY QUERIDO
4	OK	1/5/2020	9:00:00	9:30:00	9	2016	ENGRASADA	LUBRICACIÓN	0:30:00	P	1	HENRY YUGCHA
4	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	9	2016	REGULADA DE FRENOS	FRENOS	0:00:00	P	1	HENRY YUGCHA
4	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	9	2016	REGULADA DE EMBRAGUE	EMBRAGUE	0:00:00	P	1	HENRY YUGCHA
4	OK	1/5/2020	0:00:00	0:00:00	9	2016	SOPLETEADA DE RADIADOR	INYECCIÓN	0:00:00	P	1	HENRY YUGCHA
5	OK	3/5/2020	8:00:00	8:30:00	93	522	ENGRASADA CHEQUEO DE ACEITE	LUBRICACIÓN	0:30:00	P	2	DAVID CARDONA

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la tabla número 5 se representa el registro que la empresa utiliza para almacenar las ordenes de trabajo generadas, donde se coloca la fecha en que surgió y cuando se resolvió la O. T, la actividad que se realizó, el sistema y unidad perteneciente a la actividad, como también su tipo de trabajo y el nombre del técnico que se encargó del trabajo.

ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO CIOT



No. OT-MANT- JUNIO - - 2020

A. DATOS GENERALES

FECHA _____ HORA INGRESO _____
 DISCO _____ REGISTRO MUNICIPAL _____
 CONDUCTOR _____ AYUDANTE _____
 RUTA _____
 KM INGRESO _____

B. INFORMACIÓN DEL INGRESO DE VEHÍCULO

FAC / NV / REC N°: _____

MOTIVOS DEL INGRESO

EGRESO DE BODEGA N° _____

C. ASIGNACIÓN DE TRABAJOS A REALIZAR

	ACTIVIDAD A REALIZAR	HORA INICIO	HORA DE ENTREGA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

D. SOLICITUD DE REPUESTOS

HORA _____ SOLICITADO A : _____
 HORA _____ SOLICITADO A : _____

E. ENTREGA DE REPUESTOS

HORA _____ SOLICITADO A : _____
 HORA _____ SOLICITADO A : _____

F. SOLICITUD DE TRABAJOS EXTERNOS

HORA _____ SOLICITADO A : _____
 TRABAJO A REALIZAR _____ SOLICITADO A : _____

HORA DE ENTREGA DEL BUS _____

RESPONSABLE _____ CONDUCTOR _____

FIRMA DE COORDINADOR:

Figura 7 Formato de órdenes de trabajo en la flota de buses

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Área de estudio

Tabla 6 Área de estudio

Dominio:	Tecnología y Sociedad dentro del Centro de investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos – MIST
Línea de Investigación:	Metodologías de evaluación: Adaptación de la metodología al entorno y a las especificidades del estudio.
Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Mantenimiento
Aspecto:	Mantenimiento basado en la confiabilidad RCM
Objeto de estudio:	Flota de buses urbanos del sur de Quito
Periodo de análisis:	De Mayo a Diciembre del 2020

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Modelo operativo



Figura 8 Modelo operativo

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo de la propuesta:

Desarrollo del plan de mantenimiento aplicando RCM para la flota de buses urbanos en el sur de Quito

Codificación de los equipos

El sistema de codificación utilizado en el registro de las unidades es un sistema significativo o también llamado inteligente alfanumérico, ya que el código otorgado a cada bus aporta información valiosa, como el número de disco de la unidad y su registro municipal.

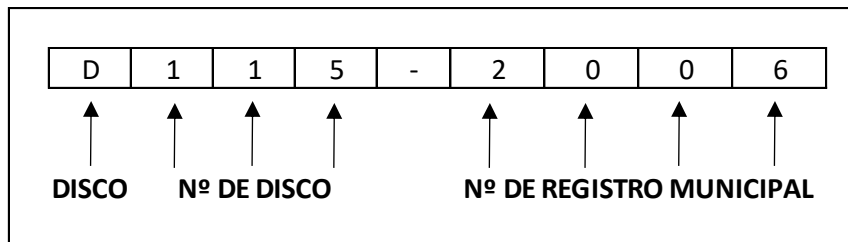


Figura 9 Distribución de Código de registro de las unidades

Fuente: Autor

Elaborado por: Investigador

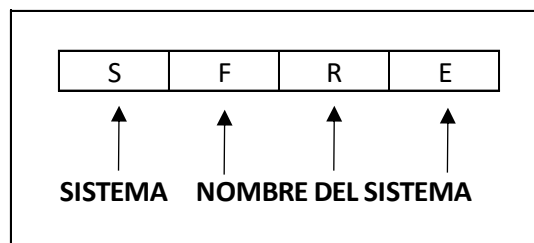


Figura 10 Distribución de Código de registro de los Sistemas funcionales

Fuente: Autor

Elaborado por: Investigador

En la figura número 9 podemos visualizar la distribución del código utilizado para el registro de las unidades, como se indica primeramente se coloca el disco con un solo carácter alfabético, seguido de su respectivo número, y por ultimo separado por un guion

se define el número de registro municipal. Por otro lado, también se codificó los sistemas funcionales de las unidades, como se puede observar en la figura número 10, donde el primer carácter alfabético representa la palabra “Sistema”, seguido de esto, los tres caracteres consecutivos pertenecen al nombre del Sistema que se está codificando.

Tabla 7 Lista de unidades codificadas

UNIDAD	REGISTRO MUNICIPAL	TIPO DE SISTEMA DE LA UNIDAD	RUTA	CÓDIGO
DISCO 1	2003	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D1-2003
DISCO 3	1993	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D3-1993
DISCO 4	502	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D4-502
DISCO 6	1992	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D6-1992
DISCO 7	557	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO	D7-557
DISCO 8	2184	ALIMENTADOR	ARGELIA	D8-2184
DISCO 9	2016	ALIMENTADOR	ARGELIA	D9-2016
DISCO 13	499	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D13-499
DISCO 14	520	ALIMENTADOR	LABRADOR VR	D14-520
DISCO 16	2152	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D16-2152
DISCO 17	2137	ALIMENTADOR	INTRATERMINALES	D17-2137
DISCO 18	2002	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D18-2002
DISCO 19	526	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D19-526
DISCO 22	2123	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D22-2123
DISCO 25	515	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D25-515
DISCO 28	2099	ALIMENTADOR	INTRATERMINALES	D28-2099
DISCO 30	1997	ALIMENTADOR	LABRADOR VR	D30-1997
DISCO 31	519	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D31-519
DISCO 36	2146	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D36-2146
DISCO 39	2194	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D39-2194
DISCO 40	2012	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D40-2012
DISCO 41	2192	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D41-2192
DISCO 43	1985	ALIMENTADOR	ARGELIA	D43-1985
DISCO 44	1976	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D44-1976
DISCO 45	2150	ALIMENTADOR	LABRADOR VR	D45-2150
DISCO 46	2022	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D46-2022
DISCO 47	517	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D47-517
DISCO 48	2135	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D48-2135
DISCO 49	2212	ALIMENTADOR	KENNEDY	D49-2212
DISCO 50	1995	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO	D50-1995
DISCO 61	498	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D61-498
DISCO 62	2200	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D62-2200
DISCO 63	538	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D63-538
DISCO 64	2151	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO	D64-2151
DISCO 65	2130	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D65-2130
DISCO 66	525	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D66-525

Tabla 7 Continuación

UNIDAD	REGISTRO MUNICIPAL	TIPO DE SISTEMA DE LA UNIDAD	RUTA	CÓDIGO
DISCO 67	542	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D67-542
DISCO 68	2017	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D68-2017
DISCO 69	1971	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D69-1971
DISCO 70	2755	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D70-2755
DISCO 71	510	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D71-510
DISCO 86	1983	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D86-1983
DISCO 87	556	ALIMENTADOR	ARGELIA	D87-556
DISCO 88	544	ALIMENTADOR	ARGELIA	D88-544
DISCO 89	503	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D89-503
DISCO 90	521	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D90-521
DISCO 91	534	ALIMENTADOR	KENNEDY	D91-534
DISCO 92	516	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO	D92-516
DISCO 93	522	ALIMENTADOR	ARGELIA	D93-522
DISCO 94	2156	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D94-2156
DISCO 96	2179	ALIMENTADOR	KENNEDY	D96-2179
DISCO 97	501	ALIMENTADOR	KENNEDY	D97-501
DISCO 98	2141	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D98-2141
DISCO 99	509	ALIMENTADOR	ARGELIA	D99-509
DISCO 100	507	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D100-507
DISCO 101	504	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D101-504
DISCO 102	2019	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D102-2019
DISCO 103	2072	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D103-2072
DISCO 104	2015	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D104-2015
DISCO 106	2157	ALIMENTADOR	KENNEDY	D106-2157
DISCO 107	500	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D107-500
DISCO 108	533	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D108-533
DISCO 110	1980	ALIMENTADOR	CHILLOGALLO	D110-1980
DISCO 112	2143	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D112-2143
DISCO 113	518	ALIMENTADOR	LABRADOR VR	D113-518
DISCO 114	528	ALIMENTADOR	KENNEDY	D114-528
DISCO 115	2006	CONVENCIONAL	SEMINARIO	D115-2006

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la tabla número 7 se encuentra un listado de las unidades codificadas con sus respectivos tipos de sistemas y rutas, las cuales no son fijas ya que estas varían entre unidades en un periodo de seis meses. Así mismo en la tabla número ocho están los sistemas funcionales de los autobuses con sus respectivos códigos.

Tabla 8 Lista de los Sistemas Funcionales de la flota codificados

SISTEMAS	CÓDIGO DE SISTEMA
SISTEMA DE FRENOS	SFRE
SISTEMA DE SUSPENSIÓN	SSUS
SISTEMA DE DIRECCIÓN	SDIR
SISTEMA ELÉCTRICO	SCTR
SISTEMA NEUMÁTICO	SMÁT
SISTEMA DE INYECCIÓN	SINY
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SREF
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	SLUB
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SDIS
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	STRA
SISTEMA DE CARROCERÍA	SCAR
SISTEMA ESTRUCTURAL	SRUC

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Análisis de criticidad

Para la determinación de la importancia de cada una de las unidades, se realizó un análisis de criticidad basado en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento, y por último seguridad y medioambiente. Se tomó como referencia la tabla número 9 que propone (Garrido García, 2004, p. 25).

Tabla 9 Propuesta para valorar la criticidad de un equipo

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

Fuente: Santiago Garrido, 2004

Elaborado por: Santiago Garrido, 2004

Para la unidad del disco 1 se llevó a cabo el análisis de criticidad donde se calificó el apartado de seguridad y medio ambiente como crítico ya que el bus necesita revisiones periódicas mensuales, también en el segmento de la producción se evaluó como crítico ya que la parada de la unidad afectaría al plan de producción, así mismo la calidad y el mantenimiento llevan una valoración de crítico igualmente puesto que el autobús es clave para la calidad del servicio y podría llegar a tener un alto coste de reparación en caso de que surja alguna avería.

Una vez hecho el análisis de toda la flota surgió como resultado que todos los buses vienen a ser equipos “críticos”, como se visualiza en la tabla número 10, estos equipos críticos son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa. Se llegó a este resultado ya que según (Garrido García, 2004, p. 26) la categoría con la que calificamos a un equipo debe corresponder a la más alta que haya obtenido al valorar los 4 aspectos.

También se realizó este mismo análisis para los sistemas funcionales de la flota, ya que, todos los buses son equipos críticos, y en el momento que surja alguna falla o avería en

dos o más unidades a la vez se debe tener prioridad en una u en otra, esta preferencia se puede otorgar con referencia al valor de criticidad del sistema funcional que se averió, con el afán de tener diferenciación de prioridad entre unidades.

Tabla 10 Criticidad de los buses evaluados

UNIDAD	CÓDIGO	NIVEL DE CRITICIDAD
DISCO 1	D1-2003	CRITICO
DISCO 3	D3-1993	CRITICO
DISCO 4	D4-502	CRITICO
DISCO 6	D6-1992	CRITICO
DISCO 7	D7-557	CRITICO
DISCO 8	D8-2184	CRITICO
DISCO 9	D9-2016	CRITICO
DISCO 13	D13-499	CRITICO
DISCO 14	D14-520	CRITICO
DISCO 16	D16-2152	CRITICO
DISCO 17	D17-2137	CRITICO
DISCO 18	D18-2002	CRITICO
DISCO 19	D19-526	CRITICO
DISCO 22	D22-2123	CRITICO
DISCO 25	D25-515	CRITICO
DISCO 28	D28-2099	CRITICO
DISCO 30	D30-1997	CRITICO
DISCO 31	D31-519	CRITICO
DISCO 36	D36-2146	CRITICO
DISCO 39	D39-2194	CRITICO
DISCO 40	D40-2012	CRITICO
DISCO 41	D41-2192	CRITICO
DISCO 43	D43-1985	CRITICO
DISCO 44	D44-1976	CRITICO
DISCO 45	D45-2150	CRITICO
DISCO 46	D46-2022	CRITICO
DISCO 47	D47-517	CRITICO
DISCO 48	D48-2135	CRITICO
DISCO 49	D49-2212	CRITICO
DISCO 50	D50-1995	CRITICO
DISCO 61	D61-498	CRITICO
DISCO 62	D62-2200	CRITICO
DISCO 63	D63-538	CRITICO
DISCO 64	D64-2151	CRITICO

Tabla 10 Continuación

UNIDAD	CÓDIGO	NIVEL DE CRITICIDAD
DISCO 65	D65-2130	CRITICO
DISCO 66	D66-525	CRITICO
DISCO 67	D67-542	CRITICO
DISCO 68	D68-2017	CRITICO
DISCO 69	D69-1971	CRITICO
DISCO 70	D70-2755	CRITICO
DISCO 71	D71-510	CRITICO
DISCO 86	D86-1983	CRITICO
DISCO 87	D87-556	CRITICO
DISCO 88	D88-544	CRITICO
DISCO 89	D89-503	CRITICO
DISCO 90	D90-521	CRITICO
DISCO 91	D91-534	CRITICO
DISCO 92	D92-516	CRITICO
DISCO 93	D93-522	CRITICO
DISCO 94	D94-2156	CRITICO
DISCO 96	D96-2179	CRITICO
DISCO 97	D97-501	CRITICO
DISCO 98	D98-2141	CRITICO
DISCO 99	D99-509	CRITICO
DISCO 100	D100-507	CRITICO
DISCO 101	D101-504	CRITICO
DISCO 102	D102-2019	CRITICO
DISCO 103	D103-2072	CRITICO
DISCO 104	D104-2015	CRITICO
DISCO 106	D106-2157	CRITICO
DISCO 107	D107-500	CRITICO
DISCO 108	D108-533	CRITICO
DISCO 110	D110-1980	CRITICO
DISCO 112	D112-2143	CRITICO
DISCO 113	D113-518	CRITICO
DISCO 114	D114-528	CRITICO
DISCO 115	D115-2006	CRITICO

Fuente: Autor

Elaborado por: Investigador

Tabla 11 Análisis de criticidad de los Sistemas Funcionales

SISTEMAS	CÓDIGO SISTEMA	NIVEL DE CRITICIDAD
----------	----------------	---------------------

SISTEMA DE FRENOS	SFRE	CRITICO
SISTEMA DE SUSPENSIÓN	SSUS	IMPORTANTE
SISTEMA DE DIRECCIÓN	SDIR	IMPORTANTE
SISTEMA ELÉCTRICO	SCTR	IMPORTANTE
SISTEMA NEUMÁTICO	SMÁT	CRITICO
SISTEMA DE INYECCIÓN	SINY	CRITICO
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SREF	IMPORTANTE
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	SLUB	CRITICO
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SDIS	CRITICO
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	STRA	CRITICO
SISTEMA DE CARROCERÍA	SCAR	IMPORTANTE
SISTEMA ESTRUCTURAL	SRUC	IMPORTANTE

Fuente: Autor

Elaborado por: Investigador

Selección del modelo de mantenimiento

Considerando que ya se realizó el análisis de criticidad de las unidades y de sus sistemas funcionales, se puede designar a los mismos su modelo de mantenimiento apropiado, con la ayuda de un flujograma propuesto por (Garrido García, 2004, p. 30). En donde se designa el modelo de mantenimiento dependiendo de la criticidad evaluada, de su valor de parada, de su coste de reparación y por último de su disponibilidad.

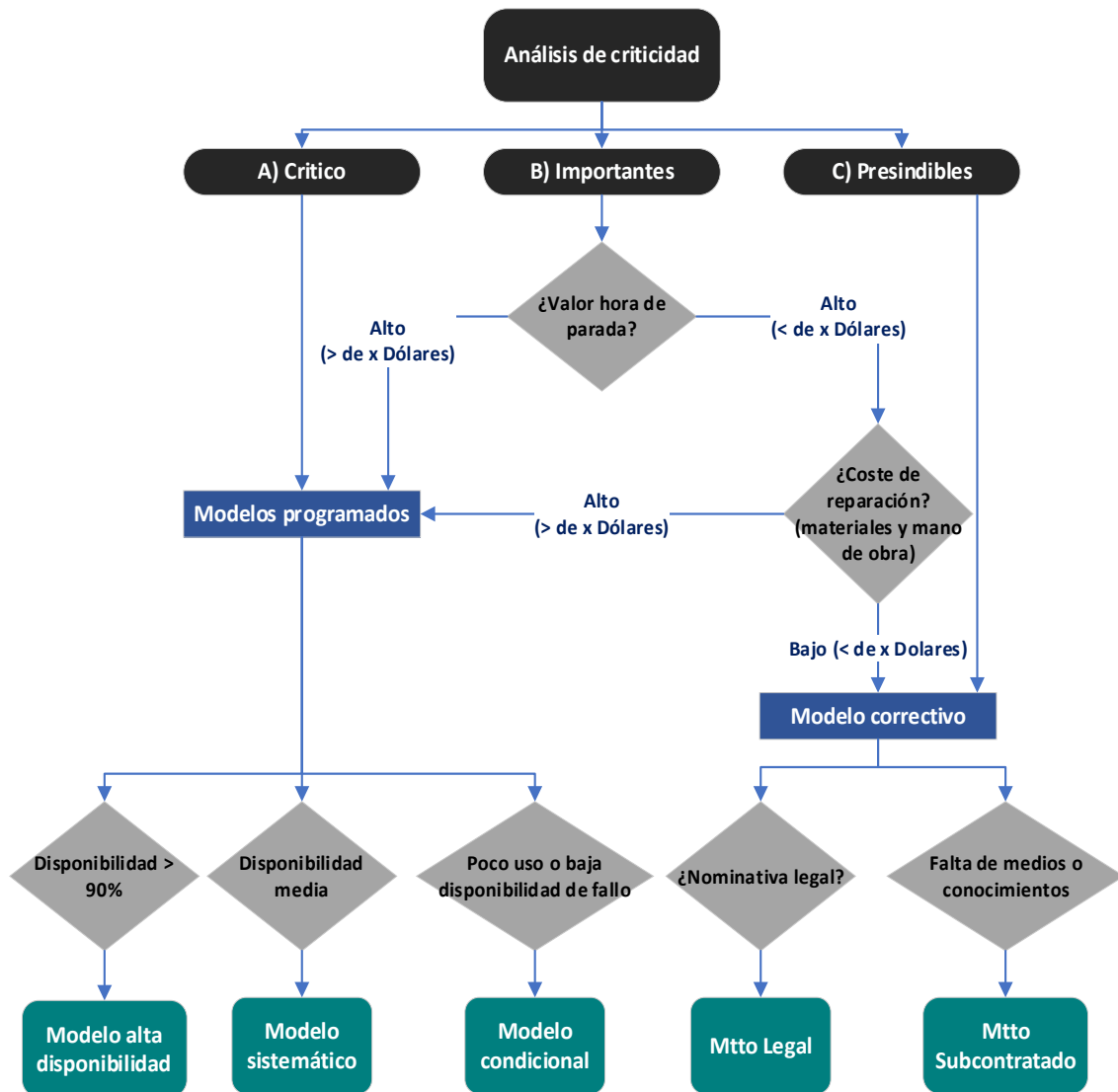


Figura 11 Flujograma para designar el modelo de mantenimiento en un equipo

Fuente: Santiago Garrido, 2004

Elaborado por: Investigador

Una vez realizado el análisis previo se designó a todas las unidades un “modelo de mantenimiento de alta disponibilidad”, debido a que, todos los equipos son críticos y necesitan estar en funcionamiento la mayor parte del tiempo (más del 90%). Aparte del modelo de mantenimiento asignado todas las unidades deben cumplir un mantenimiento legal, llamado Revisión Técnica Vehicular. Según la Agencia Metropolitana de Transporte (AMT), los vehículos de uso intensivo de carga y los que presenten servicio público de transporte comercial y de pasajeros se deben someter a dos revisiones técnicas al año, por ende, las unidades deben cumplir su modelo correspondiente, junto a su mantenimiento legal.

Tabla 12 Modelo de mantenimiento de los Sistemas funcionales de los buses

SISTEMAS	CÓDIGO SISTEMA	MODELO DE MANTENIMIENTO
SISTEMA DE FRENOS	SFRE	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD
SISTEMA DE SUSPENSIÓN	SSUS	MODELO CONDICIONAL
SISTEMA DE DIRECCIÓN	SDIR	MODELO SISTEMÁTICO
SISTEMA ELÉCTRICO	SCTR	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD
SISTEMA NEUMÁTICO	SMÁT	MODELO SISTEMÁTICO
SISTEMA DE INYECCIÓN	SINY	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SREF	MODELO SISTEMÁTICO
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	SLUB	MODELO SISTEMÁTICO
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SDIS	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	STRA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD
SISTEMA DE CARROCERÍA	SCAR	MODELO CORRECTIVO
SISTEMA ESTRUCTURAL	SRUC	MODELO CONDICIONAL

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Ficha de equipo

Estas fichas que se realizan para cada uno de los ítems, son documentos que brindan información general del equipo, en este caso se describe la información legal automotriz de las unidades, como también su respectivo nivel de criticidad y por lo tanto el modelo de mantenimiento que lleva el mismo, junto a su modelo de mantenimiento legal. También se enlistan los repuestos en stock pertenecientes al vehículo, así mismo los consumibles necesarios para su funcionamiento, por otro lado, se debe describir las herramientas especiales que necesita el equipo, y por último los elementos que componen a la unidad. Un ejemplo gráfico del formato de las fichas se puede visualizar en el anexo número 16.

Análisis de fallos funcionales y fallos técnicos de los equipos

Tras el análisis de la criticidad de las unidades y del modelo de mantenimiento que más se adapten a las características de las mismas, se debe determinar los fallos funcionales y técnicos de los sistemas, elementos o componentes que integran cada unidad. Según (Garrido García, 2004, p. 39) un fallo funcional es aquel fallo que impide al equipo o al sistema analizado cumplir su función, mientras que un fallo técnico es aquel que, no impide al equipo que cumpla su función, pero si supone un funcionamiento anormal de éste. Los fallos técnicos no tienen la misma magnitud de importancia que los fallos funcionales, pero los funcionamientos anormales de los sistemas de la unidad que surgen

a base de estos fallos técnicos pueden acelerar la degradación del quipo por lo tanto muy probablemente se pueden convertir en fallos funcionales.

Clasificación de los fallos

Después de la determinación de los fallos que surgieron en las unidades, y de clasificar a los mismos con sus respectivos tipos de fallo, es de gran importancia estudiar sus consecuencias, con la finalidad de decidir si estos fallos deben ser evitados o solamente se debe amortiguar sus efectos para que en el caso de que se produzcan su impacto sea mínimo. Según (Garrido García, 2004, p. 41) evitar un fallo es mucho más costoso, en general, que amortiguar o minimizar sus efectos, por lo que la primera calificación debe reservarse únicamente a aquellos fallos cuyas consecuencias derivan en un muy alto coste.

Por lo que si surgirían fallos funcionales en equipos cuyo modelo de mantenimiento es el de Alta Disponibilidad o el Sistemático, deben ser evitados, en cambio, los fallos técnicos en estos mismos equipos no son necesario que sean evitados, sino tan solo debe tratarse de buscar formas de amortiguar sus efectos.

Para este análisis se utilizó la figura número 12, que propone Santiago Garrido para la actuación ante un fallo según el modelo de mantenimiento del equipo y sus respectivos tipos de fallos. En donde las unidades evaluadas que tengan características que se adapten a un modelo de mantenimiento de alta disponibilidad o un modelo sistemático, todos sus fallos funcionales se deben evitar, mientras que sus fallos técnicos se deben buscar formas para amortiguar sus efectos. Por otro lado, en las unidades con modelo de mantenimiento condicional, tanto sus fallos funcionales como técnicos deberán ser tratados como fallos a amortiguar.

FORMAS DE ACTUACIÓN ANTE UN FALLO	
—	<i>Equipos con modelo de mantenimiento de Alta Disponibilidad</i>
•	Fallos funcionales: A EVITAR
•	Fallos técnicos: A AMORTIGUAR
—	<i>Equipos con modelo de mantenimiento Sistemático</i>
•	Fallos funcionales: A EVITAR
•	Fallos técnicos: A AMORTIGUAR
—	<i>Equipos con modelo de mantenimiento Condicional</i>
•	Fallos funcionales: A AMORTIGUAR
•	Fallos técnicos: A AMORTIGUAR
—	<i>Equipos con modelo de mantenimiento Correctivo</i>
	No se estudian

Figura 12 Formas de actuación ante un fallo

Fuente: Santiago Garrido, 2004

Elaborado por: Santiago Garrido, 2004

Determinación de los modos de fallo

Considerando que se determinó los fallos que presentaron las unidades, se debe examinar sus respectivos modos de fallo, que según (Garrido García, 2004, p. 43) estos se definen como las circunstancias que acompañan a un fallo en concreto. Se puede interpretar a un modo de fallo como el “por qué” está surgiendo dicho fallo.

Por un fallo funcional o técnico pueden surgir varios modos de fallos, y es de suma importancia enlistar la mayor cantidad posible de estos, ya que así se realizaría un análisis exhaustivo y completo de los factores que provocan dichos fallos.

Una vez teniendo en cuenta el concepto y la diferencia de los fallos técnicos con los funcionales, se procedió a enlistar en la tabla número 13, los fallos principales que surgen en los sistemas funcionales de las unidades, con su respectivo tipo de fallo, su clasificación y por último relacionándolos con todos los modos de fallos que se encontraron en los vehículos

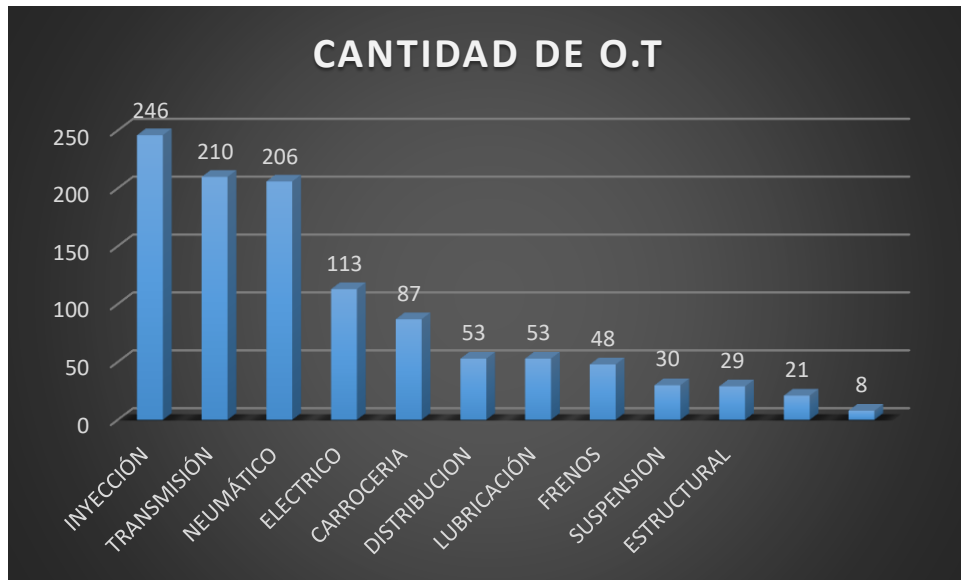


Figura 13 Cantidad de Ordenes de trabajo correctivas por sistema

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la Figura número 13 se representa el total de órdenes de trabajo correctivas por sistema en los últimos 3 meses, en donde se puede observar que el sistema de inyección, el sistema neumático y el sistema de trasmisión, son los sistemas que más fallos están generando por lo tanto se toma en cuenta a estos sistemas para generar varias tareas de mantenimiento preventivo para evitar estos fallos.

Tabla 13 Análisis de fallos

SISTEMA FUNCIONAL	COMPONENTE	FALLO	TIPO DE FALLO	MODO DE FALLO	Clasificación
FRENADO	KIT DE LA VÁLVULA DEL PEDAL DEL FRENO	Pedal del freno se vuelve difícil de empujar y el bus tarda más en detenerse	Técnico	Problemas con el reforzador de freno	Amortiguar
	VÁLVULA PRINCIPAL DEL FRENO	El pedal no recibe la potencia suficiente para detener el automóvil inmediatamente	Técnico	Mal ajuste de los frenos, Fuga de aire	Amortiguar
	RESORTE DE FRENOS	La presión en los cilindros de freno no sube hasta la altura de presión en los depósitos	Funcional	El plato de apoyo del resorte no choca contra el pistón de descarga por mal funcionamiento el resorte	Evitar
	PULMÓN POSTERIOR	Disminución de las prestaciones del turbo	Técnico	Agrietamiento en el pulmón neumático generado por roce, altas temperaturas o desgaste natural, fisuras en la manguera de depuración	Amortiguar
INYECCIÓN	CAÑERÍAS SISTEMA DE INYECCIÓN, TANQUE DE COMBUSTIBLE	Potencia del motor abrupta, fallo del encendido del motor, relantí irregular, motor con eficiencia pobre, rendimiento inadecuado en velocidad	Técnico	Obstrucción del inyector de combustible, suministro de combustible abrupto, fugas de combustible, muelles internos dañados, cañerías desgastadas o con grietas, válvula de desfogue dañada	Amortiguar
NEUMÁTICO	LLANTA	Pérdida de presión progresiva del neumático	Técnico	Deterioro del neumático a causa de golpes con el bordillo	Amortiguar

Tabla 13 Continuación

SISTEMA FUNCIONAL	COMPONENTE	FALLO	TIPO DE FALLO	MODO DE FALLO	Clasificación
NEUMÁTICO	VÁLVULA DE DESFOGUE	El autobús da tirones intermitentes y pierde impulso	Técnico	Desajuste del regulador del muelle, causante de sobrepresión en el turbo o fugas de aire comprimido que implicarían pérdidas de potencia	Amortiguar
ELÉCTRICO	ALTERNADOR	No recarga la batería ya que el alternador no está enviando corriente	Funcional	Rotura de la banda del alternador por desgaste o resequedad de la misma, Fugas de combustible, refrigerante o lubricante.	Evitar
SUSPENSIÓN	HOJA DE RESORTE	Falta de amortiguación	Técnico	Esfuerzos de tensión y compresión, fricción entre las hojas, que provocan calentamiento del material y dan origen a la fatiga lo que ocasiona el debilitamiento del material hasta la fractura del mismo.	Amortiguar

Tabla 13 Continuación

SISTEMA FUNCIONAL	COMPONENTE	FALLO	TIPO DE FALLO	MODO DE FALLO	Clasificación
TRANSMISIÓN	RESORTE DE ACELERADOR	Se mantiene el pedal del acelerador pegado	Funcional	Mal funcionamiento del resorte del acelerador	Evitar
	CRUCETA	Sonidos metálicos durante los cambios de marcha, chirridos en los giros, vibraciones a velocidades altas.	Técnico	Desgaste natural por falta de lubricación, Desalineación del eje transmisión que creará una vibración excesiva que puede sacudir la cruceta, Conexiones sueltas debido a la corrosión, al exceso de vibración o traqueteo, o a que los tornillos no fueron apretados correctamente.	Amortiguar
	CAJA DE CAMBIOS	Dificultad en la inserción de las marchas	Funcional	Rotura de la palanca de cambios o varillas, Deformación de las varillas de cambios, Sobre esfuerzo de la palanca de cambios	Evitar
	RETENEDOR CAJA DE CAMBIOS	Perdida de aceite en la caja de cambios	Técnico	Mal ajuste del retenedor, retenedor descompuesto	Amortiguar

Tabla 13 Continuación

SISTEMA FUNCIONAL	COMPONENTE	FALLO	TIPO DE FALLO	MODO DE FALLO	Clasificación
TRANSMISIÓN	BRIDA CAJA DE CAMBIOS	Perdida de aceite en la caja de cambios	Técnico	Deformación de brida por alineación incorrecta de bridas, Centrado incorrecto del empaque, mal ajuste	Amortiguar
	CARDAN	Ruido de traqueteo al conducir con la dirección girada a tope y fuertes vibraciones en el volante - Holgura en las transmisiones, al acelerar o retener. Fugas de aceite	Funcional	Errores de instalación y montaje del cardan, pueden causar deformación mecánica o compresión - pernos y abrazaderas del cardan rotas por sobre esfuerzos causados por desajuste vibración o consecuencias por cambios bruscos de tracción	Evitar
	EMBRAGUE	El embrague patina, olor a quemado y el pedal del embrague esta duro	Técnico	Desajuste y holgura del embrague, El disco haya sufrido un desgaste excesivo o que el cable de accionamiento del sistema hidráulico esté dañado, Falta lubricación en el selector, Bomba de embrague averiada	Amortiguar

Tabla 13 Continuación

SISTEMA FUNCIONAL	COMPONENTE	FALLO	TIPO DE FALLO	MODO DE FALLO	Clasificación
DIRECCIÓN	PIÑÓN	Dirección floja, El volante se siente como que está suelto y, sin embargo, se necesita más esfuerzo de lo habitual para hacer un giro, Volante desviado	Técnico	Piñón averiado por movimiento brusco baches etc., tuercas flojas por movimientos bruscos o mal ajustadas	Amortiguar
LUBRICACIÓN	MANGUERAS DE HIDRÁULICO, BOMBA DE ACEITE,	Consumo excesivo de aceite, excesiva degradación del aceite, presión baja en el circuito	Técnico	Juntas desajustadas, fugas de aceite, mal estado de las juntas, elevada temperatura del motor, Aparición de partículas metálicas en el aceite debido al desgaste excesivo de algún componente del motor, Saturación de suciedad en el filtro de aceite, Juego excesivo en la bomba de aceite o en las juntas	Amortiguar
DISTRIBUCIÓN	ÁRBOL DE LEVAS	Traqueteos en el motor, sonidos	Técnico	Deformación del eje, desgaste excesivo de los casquillos y soportes, árbol de levas agripado, mal acoplamiento de los engranes	Amortiguar

Tabla 13 Continuación

SISTEMA FUNCIONAL	COMPONENTE	FALLO	TIPO DE FALLO	MODO DE FALLO	Clasificación
DISTRIBUCIÓN	BASES MOTOR	Vibración excesiva del motor, Ruido excesivo del motor, tensión adicional en el cable del acelerador	Técnico	Bases del motor dañadas	Amortiguar
REFRIGERACIÓN	RADIADOR	Recalentamiento del motor	Funcional	Pérdidas de agua, Las rejillas del radiador están obstruidas, Existen desperfectos en el radiador producidos por un golpe, El termostato está averiado, El termo contacto del radiador se ha estropeado, El ventilador del radiador no funciona, La bomba de agua tiene las aspas rotas, El eje de la bomba de agua se ha paralizado, Hay problemas de obstrucción en el circuito de agua del motor	Evitar

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tareas de mantenimiento

El siguiente paso para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM, es determinar las tareas de mantenimiento para las unidades, que prácticamente son trabajos o actividades que se deben realizar para prevenir un fallo o minimizar sus efectos. Estas tareas de mantenimiento se clasifican en 10 tipos, las cuales se seleccionan dependiendo del modelo de mantenimiento de la unidad evaluada. Para (Garrido García, 2004, p. 45), como propone en la figura número 14, si el modelo es Correctivo, solo se deben realizar las tareas del tipo 1,2 y 3. Si el modelo es Condicional, también son posibles las tareas de tipo 4, 5 y 6. Si el modelo es Sistemático, también serán posibles tareas del tipo 7, 8 y 9. Y si el modelo es de Alta Disponibilidad, serán posibles todos los tipos de tareas. En este caso, como se estableció anteriormente, todas las unidades llevan un modelo de mantenimiento de Alta Disponibilidad por lo que se puede realizar todos los tipos de tareas de mantenimiento.

Tipos de tareas de mantenimiento	Modelos de mantenimiento a los que se puede aplicar ese tipo de tarea			
	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
1. Inspecciones visuales	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
2. Tareas de lubricación	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
3. Verificaciones <i>on-line</i>	Correctivo	Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
4. Verificaciones <i>off-line</i> : <ul style="list-style-type: none"> — Verificaciones sencillas <ul style="list-style-type: none"> • Mediciones de temperatura • Mediciones de vibración (con vibrómetro) • Mediciones de consumo de corriente • Etc. — Verificaciones con instrumentos complejos <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de vibraciones (con analizador) • Termografías • Detección de fugas por ultrasonidos • Análisis de la curva de arranque de motores • Comprobaciones de alineación por láser • Etc. 		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
5. Limpiezas según condición		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
6. Ajustes condicionales		Condicional	Sistemático	Alta Dispon.
7. Limpiezas sistemáticas			Sistemático	Alta Dispon.
8. Ajustes sistemáticos			Sistemático	Alta Dispon.
9. Sustitución sistemática de piezas			Sistemático	Alta Dispon.
10. Grandes revisiones (sustitución de todos los elementos sometidos a desgaste)				Alta Dispon.

Figura 14 Tipos de tareas de mantenimiento

Fuente: Santiago Garrido, 2004

Elaborado por: Investigador

Frecuencia de las tareas de mantenimiento

La determinación de la frecuencia con la que se deben aplicar las tareas de mantenimiento propuestas, se las realizó en base a la opinión de técnicos y mecánicos automotrices, en conjunto con la investigación bibliográfica de los manuales de mantenimiento de los equipos.

Se determinaron las siguientes tareas de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, para evitar o disminuir los efectos de los modos de fallos encontrados.

Tabla 14 Tareas de mantenimiento

	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
FRENADO	Problemas con el reforzador de freno	Diagnóstico revisión y control del reforzador de frenos	Trimestral
	Mal ajuste de los frenos	Verificación del ajuste del freno, ajuste condicional	Mensual
	Fuga de aire, fuga de liquido	Verificación del líquido de freno, comprobar el nivel de presión	Diaria
	El plato de apoyo del resorte no choca contra el pistón de descarga por mal funcionamiento el resorte	Verificación de la tensión del resorte del freno, verificar si está ajustado correctamente	Mensual
	Agrietamiento de la membrana del pulmón generado por roce, altas temperaturas o desgaste natural, fisuras en la manguera de depuración	Verificación de la membrana del pulmón, ajuste condicional, inspección de la manguera de depuración	Mensual
INYECCIÓN	Obstrucción del inyector de combustible, suministro de combustible abrupto,	Cambio de filtro de combustible	cada 60,000 Km
		Limpieza sistemática de los inyectores	40,000 – 50,000 Km
	Muelles internos averiados, válvula de desfogue dañada	sustitución sistemática de piezas	Semestral

Tabla 14 Continuación

	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
INYECCIÓN	Fugas de combustible, cañerías desgastadas o con grietas,	Inspección de fugas de combustible, inspección de cañerías	Diaria
NEUMÁTICO	Deterioro del neumático a causa de golpes con el bordillo	Inspeccionar las llantas, rotar si es necesario Verificar si existe desgaste irregular y verificar la presión de las llantas	Mensual
	Desajuste del regulador del muelle, causante de sobrepresión en el turbo o fugas de aire comprimido que implicarían pérdidas de potencia	Ajuste condicional del regulador y de su sistema, inspección de vibraciones, inspección de fugas de aire	Mensual
ELÉCTRICO	Rotura de la banda del alternador por desgaste o resequedad de la misma	Sustitución cuando sea necesario	130,000 - 150,000 Km
	Fugas de combustible, refrigerante o lubricante.	Inspección de la condición de las bandas, inspección de fugas de líquidos	Mensual

Tabla 14 Continuación

	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
SUSPENSIÓN	Esfuerzos de tensión y compresión, fricción entre las hojas, que provocan calentamiento del material y dan origen a la fatiga lo que ocasiona el debilitamiento del material hasta la fractura del mismo.	Ajuste condicional de las grapas y del tornillo central, inspección de cada una de las abrazaderas y hojas, verificación del estado del buje, lavado condicional del resorte y lubricación de las partes que se necesiten.	6,000 km
		Lavado condicional e inspección de cada una de las partes, en caso de grietas o pérdida de curvatura, cambiar las piezas	34.000 km
TRANSMISIÓN	Mal funcionamiento del resorte del acelerador	Verificación de la tensión del resorte del acelerador, verificar si está ajustado correctamente	Trimestral
	Desgaste natural por falta de lubricación	Lubricación de la cruceta	40,000 km
	Desalineación del eje transmisión que creará una vibración excesiva que puede sacudir la cruceta	Inspección del eje, ajuste condicional de sus componentes	Mensual
	Conexiones sueltas debido a la corrosión, al exceso de vibración o traqueteo, o a que los tornillos no fueron apretados correctamente.	Ajuste y sustitución condicional de piezas	Mensual
	Rotura de la palanca de cambios o varillas, Deformación de las varillas de cambios	Inspección de la palanca de cambios	Semanal
	Sobre esfuerzo de la palanca de cambios	Ajuste condicional de la palanca de cambios	Mensual

Tabla 14 Continuación

	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
TRANSMISIÓN	Mal ajuste del retenedor, retenedor descompuesto	Verificar el retenedor, ajuste condicional	Mensual
	Deformación de brida por alineación incorrecta de bridas, Centrado incorrecto del empaque, mal ajuste	Verificación de la brida y de sus empaques	Mensual
	Errores de instalación y montaje del cardan, pueden causar deformación mecánica o compresión - pernos y abrazaderas del cardan rotas por sobre esfuerzos causados por desajuste vibración o consecuencias por cambios bruscos de tracción	Inspección del cardan y ajuste condicional de sus pernos y abrazaderas	Mensual
	Desajuste y holgura del embrague	Sustitución del embrague según su condición	150,000 km
	El disco haya sufrido un desgaste excesivo o que el cable de accionamiento del sistema hidráulico esté dañado	Limpieza del disco del embrague, inspección del cable de accionamiento	Mensual
	Falta lubricación en el selector	Lubricación del selector	Mensual
	Bomba de embrague averiada	Revisión de la bomba del embrague	Mensual

Tabla 14 Continuación

	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
DIRECCIÓN	Piñón averiado por movimiento brusco baches etc., tuercas flojas por movimientos bruscos o mal ajustadas	Inspección del piñón y ajuste condicional de las tuercas	Mensual
LUBRICACIÓN	Juntas desajustadas, fugas de aceite, mal estado de las juntas, elevada temperatura del motor, Aparición de partículas metálicas en el aceite debido al desgaste excesivo de algún componente del motor, Saturación de suciedad en el filtro de aceite, Juego excesivo en la bomba de aceite o en las juntas	Inspección de fugas en mangueras, inspección de las juntas, inspección de bomba	Semanal
		Cambio de filtro de aceite	10,000 Km
DISTRIBUCIÓN	Deformación del eje, desgaste excesivo de los casquillos y soportes, árbol de levas agripado, mal acoplamiento de los engranes	Inspección del eje, los casquillos, soportes y engranes	Mensual
	Bases del motor dañadas	Cambio condicional de las bases del motor	Trimestral

Tabla 14 Continuación

	MODO DE FALLO	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
REFRIGERACIÓN	Pérdidas de agua	Inspección de fugas en mangueras, juntas y tapas	Diaria
	Las rejillas del radiador están obstruidas	Inspección del radiador y limpieza condicional	Semanal
	Existen desperfectos en el radiador producidos por un golpe		
	El termostato está averiado	Cambio condicional del termostato	Semestral
	El termo contacto del radiador se ha estropeado	Cambio condicional del termo contacto del radiador	Mensual
	El ventilador del radiador no funciona	Cambio condicional del ventilador del radiador	Mensual
	La bomba de agua tiene las aspas rotas	Cambio condicional de la bomba de agua	Trimestral
	El eje de la bomba de agua se ha paralizado	Inspección de la bomba y limpieza condicional	Mensual
	Hay problemas de obstrucción en el circuito de agua del motor	Inspección del circuito del agua	Semanal

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 15 Cronograma de Mantenimiento Preventivo

	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO																														
	Enero					Febrero				Marzo					Abril				Mayo					Junio					Julio		
Disco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	M					M				T				M				M					ST					M			
3	M					M				T				M				M					ST					M			
4	M					M				T				M				M					ST					M			
6	M					M				T				M				M					ST					M			
7	M					M				T				M				M					ST					M			
8	M					M				T				M				M					ST					M			
9	M					M				T				M				M					ST					M			
13	M					M				T				M				M					ST					M			
14	M					M				T				M				M					ST					M			
16	M					M				T				M				M					ST					M			
17	M					M				T				M				M					ST					M			
18	M					M				T				M				M					ST					M			
19	M					M				T				M				M					ST					M			
22	M					M				T				M				M					ST					M			
25	M					M				T				M				M					ST					M			
28	M					M				T				M				M					ST					M			
30	M					M				T				M				M					ST					M			
31					M				M				T				M					M				ST					M
36					M				M				T				M					M				ST					M
39					M				M				T				M					M				ST					M
40					M				M				T				M					M				ST					M
41					M				M				T				M					M				ST					M
43					M				M				T				M					M				ST					M

Tabla 15 Continuación

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO																															
	Enero					Febrero				Marzo					Abril					Mayo					Junio				Julio		
Disco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
44					M				M			T				M					M				ST					M	
45					M				M			T				M					M				ST					M	
46					M				M			T				M					M				ST					M	
47					M				M			T				M					M				ST					M	
48					M				M			T				M					M				ST					M	
49					M				M			T				M					M				ST					M	
50					M				M			T				M					M				ST					M	
61					M				M			T				M					M				ST					M	
62					M				M			T				M					M				ST					M	
63					M				M			T				M					M				ST					M	
64					M				M			T				M					M				ST					M	
65		M						M			T				M				M					ST				M			
66		M						M			T				M				M					ST				M			
67		M						M			T				M				M					ST				M			
68		M						M			T				M				M					ST				M			
69		M						M			T				M				M					ST				M			
70		M						M			T				M				M					ST				M			
71		M						M			T				M				M					ST				M			
86		M						M			T				M				M					ST				M			
87		M						M			T				M				M					ST				M			
88		M						M			T				M				M					ST				M			
89		M						M			T				M				M					ST				M			
90		M						M			T				M				M					ST				M			

Tabla 15 Continuación

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO																															
	Enero					Febrero				Marzo					Abril					Mayo					Junio				Julio		
Disco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
91		M					M				T				M				M					ST				M			
92		M					M				T				M				M					ST				M			
93		M					M				T				M				M					ST				M			
94		M					M				T				M				M					ST				M			
96		M					M				T				M				M					ST				M			
97				M				M				T				M					M				ST				M		
98				M				M				T				M					M				ST				M		
99				M				M				T				M					M				ST				M		
100				M				M				T				M					M				ST				M		
101				M				M				T				M					M				ST				M		
102				M				M				T				M					M				ST				M		
103				M				M				T				M					M				ST				M		
104				M				M				T				M					M				ST				M		
106				M				M				T				M					M				ST				M		
107				M				M				T				M					M				ST				M		
108				M				M				T				M					M				ST				M		
110				M				M				T				M					M				ST				M		
112				M				M				T				M					M				ST				M		
113				M				M				T				M					M				ST				M		
114				M				M				T				M					M				ST				M		
115				M				M				T				M					M				ST				M		

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En este cronograma representado en la tabla número 15 se marca con letras y colores las semanas en donde se tiene planificado realizar mantenimiento preventivo a los buses, las letras M, T y ST significan mantenimiento mensual, trimestral y semestral.

Las Rutas diarias de mantenimiento se realizarán todos los días a partir de las 5 am, mientras que las rutas semanales se llevarán a cabo los días lunes para las unidades del disco 1 al 30, los días miércoles desde el disco 31 al 64, los días viernes desde el disco 65 al 96 y por último los días sábados a las unidades del disco 97 al 115. Por otro lado, como se visualiza en la tabla 14 las tareas de mantenimiento programadas por recorrido de kilometraje de las unidades se las hace dependiendo a que cumpla dicho rango de kilómetros los buses.

Cálculo de la disponibilidad de la flota

La disponibilidad de los equipos se calculó con la fórmula que propone Santiago Garrido en su libro, que es la siguiente.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por Mantenimeinto}}{\text{Horas Totales}}$$

$$\text{Disponibilidad de la Unidad 1} = \frac{480 h - 64 h - 21,30 h}{480 h}$$

$$\text{Disponibilidad de la Unidad 1} = 82,2\%$$

El cálculo de la disponibilidad de la flota entera se obtuvo con el promedio de las disponibilidades de cada una de las unidades antes calculadas en un periodo de 7 meses, como resultado surgió una disponibilidad de la flota del:

$$\text{Disponibilidad de la Flota} = 85,5\%$$

Cálculo de la disponibilidad por avería de la flota

Esta disponibilidad únicamente toma en cuenta las horas de parada de los buses por averías y no por mantenimiento programado como se puede ver en la siguiente formula.

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

$$\text{Disponibilidad por avería de la Unidad 1} = \frac{480 \text{ h} - 64 \text{ h} - 21,30 \text{ h}}{480 \text{ h}}$$

$$\text{Disponibilidad por avería de la Unidad 1} = 95,5\%$$

La disponibilidad por avería de la flota se calculó con el promedio de las disponibilidades por avería de cada una de las unidades, en un periodo de 7 meses y como resultado dio un total de:

$$\text{Disponibilidad de Flota por avería} = 97,3\%$$

Cálculo del MTBF

El Mean Time Between Failures (MTBF) es el tiempo promedio que pasa un equipo sin que ocurra algún fallo y se calcula con la siguiente formula

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo de inactividad avería}}{\text{Número de paradas}}$$

$$\text{MTBF de la Unidad 1} = \frac{480 \text{ h} - 64 \text{ h} - 21,30 \text{ h}}{9 \text{ paradas}}$$

$$\text{MTBF de la Unidad 1} = 43,50 \text{ h}$$

El MTBF de la flota se calculó con el promedio de los tiempos medios entre fallo de todos los equipos y dio como resultado lo siguiente

$$\text{MTBF Flota} = 181,40 \text{ horas}$$

Cálculo de la confiabilidad o de la Tasa de Fallos

Con la tasa de fallos se puede determinar la confiabilidad de las unidades ya que determina el porcentaje de fallos que existe en las mismas, este valor se calcula con la siguiente formula.

$$TF\% = \frac{\text{Número de Fallas}}{\text{Número de unidades probadas}}$$

$$TF\% \text{ Mes \#1} = \frac{53 \text{ fallas}}{67 \text{ unidades}}$$

$$TF\% = 79\%$$

TF% de la flota se calculó con el promedio de los porcentajes de fallo de todos los equipos en un periodo de 7 meses y dio como resultado lo siguiente:

$$TF\% \text{ Flota} = 69,30\%$$

Predicción de los resultados con la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM en la flota de buses

Para poder predecir valores de una variable con respecto a valores de otra, se aplicó el método estadístico de regresión lineal, para esto fue necesario relacionar dos variables y observar su comportamiento entre sí, con la ayuda de diagramas de dispersión y correlación bivariada, para analizar si las mismas están relacionadas linealmente.

Los valores de las horas improductivas y el total de los costos de los materiales utilizados por mantenimiento correctivo, serán las variables dependientes (Y) para estas proyecciones, por otro lado, sus respectivas variables independientes (X) son el número de las ordenes de trabajo correctivas y el total de los egresos de bodega.

Para proyectar estos valores antes nombrados primeramente, se calculó el total de las ordenes de trabajo correctivas y el total de los egresos de bodega, todas estas en un periodo de 7 meses, evaluando toda la flota de buses que es conformada por 67 unidades. Estos valores se representan en la tabla número 16 y 17.

Tabla 16 Total Ordenes de Trabajo Correctivos

MES	1	2	3	4	5	6	7
O.T. MTTO CORRECTIVO	302	222	106	112	190	158	111

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 17 Total egresos de bodega

MES	1	2	3	4	5	6	7
EGRESOS BODEGA	622	723	317	363	463	505	388

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Así mismo en referencia a esto, se calculó las horas improductivas y el costo de los materiales, herramientas, consumibles, etc., por mantenimiento correctivo.

Tabla 18 Total horas improductivas

MES	1	2	3	4	5	6	7
HORAS IMPRODUCTIVAS	647:55:00	517:03:00	291:39:00	237:00:00	352:53:00	361:28:00	245:07:00

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 19 Total costos por materiales por Mantenimiento Correctivo

MES	1	2	3	4	5	6	7
Costos materiales por Mtto Correctivo	\$ 6.659,68	\$ 8.907,79	\$ 5.135,60	\$ 4.412,50	\$ 5.214,33	\$ 6.968,67	\$ 5.148,10

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

La tabla número 19 representa el total de los costos por materiales, herramientas, consumibles y repuestos que la empresa ha utilizado en 7 meses, estos valores fueron otorgados por del departamento de contabilidad de la cooperativa, los mismos surgen de la suma de los costos de los egresos de bodega por mantenimiento correctivo.

Proyección de las horas improductivas por mantenimiento no programado

Tabla 20 Valores para la proyección

MES	ORDENES DE TRABAJO (X)	HORAS IMPRODUCTIVAS (Y)	X ²	X*Y	Yc	(Y-Yc) ²	(Y-Ym) ²
MES 1	302	647,92	91204	195670,8333	643,57	18,85	72309,77
MES 2	222	517,05	49284	114785,1	481,30	1277,94	19054,52
MES 3	106	291,65	11236	30914,9	246,01	2083,36	7632,10
MES 4	112	237,00	12544	26544	258,18	448,45	20167,38
MES 5	190	352,88	36100	67047,83333	416,39	4033,43	682,70
MES 6	158	361,47	24964	57111,73333	351,48	99,66	307,84
MES 7	111	245,12	12321	27207,95	256,15	121,70	17927,93
TOTAL	1201	2653,083	237653	519282,35	2653,08	8083,39	138082,24
	Ym=	379,01					

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

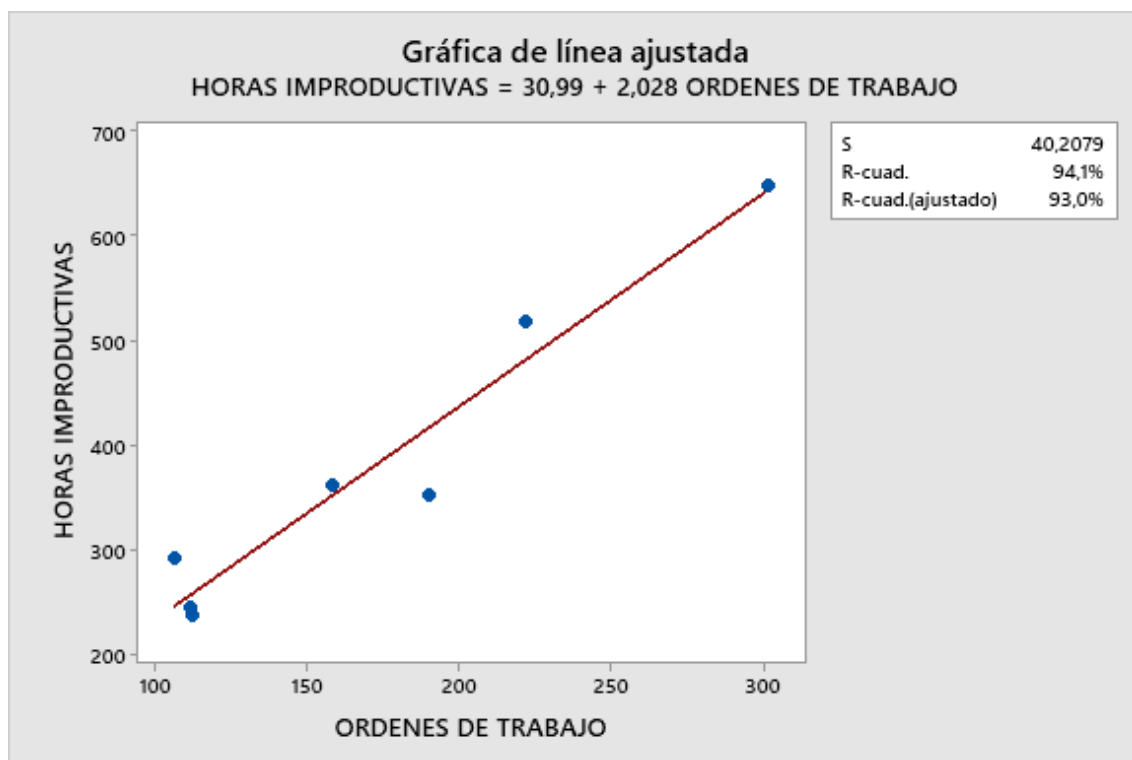


Figura 15 Diagrama de dispersión de las O.T vs H. improductivas

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Se puede ver en la figura 15 como los puntos de conexión entre las dos variables no se encuentra tan lejos de la línea de tendencia, también se observa que el modelo sigue una pendiente positiva.

Tabla 21 Valores de la relación de las dos variables

Coefficiente de correlación lineal de Pearson	$r = 0,970$
Coefficiente de determinación	$R^2 = 94,15\%$
La ecuación de regresión	$Y = 30,99 + 3,028 X$

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Como se puede visualizar en la tabla número 21 en donde se muestra el valor “r” o también llamado Coeficiente de correlación lineal de Pearson, tiene como resultado 0,970 lo que representa una fuerte relación lineal directa entre las ordenes de trabajo correctivas y las horas improductivas, ya que el valor de “r” se acerca mucho a 1, y eso es a lo que se estima llegar.

El Coeficiente de determinación o “R cuadrado” dio como resultado 94,15% este valor representa el porcentaje de variación de la variable Y que da respuesta de su relación con la variable X, o en otras palabras este coeficiente mide como de bueno es un modelo, por lo tanto, mientras el “R cuadrado” más se acerque al 100%, mejor será el ajuste del modelo a los datos.

Después del análisis anterior se procedió a proyectar los valores de las horas improductivas de los próximos 3 meses tomando en cuenta la reducción de las frecuencias de las fallas en un 45%, con referencia en los resultados de la aplicación del Proyecto de investigación de (Villacrés Parra, 2016, p. 15), llamado “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa etapa ep”. Dando como resultado que las horas improductivas promedio de la flota se reduzca en un 47% en comparación al promedio de los anteriores meses sin la aplicación del RCM. Los resultados de las proyecciones se pueden observar en la tabla número 22.

Tabla 22 Valores pronosticados de las Horas Improductivas

	ORDENES DE TRABAJO CORRECTIVAS (X)	HORAS IMPRODUCTIVAS (Y)
MES 8	105	242,964
MES 9	87	207,264
MES 10	61	154,829

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Proyección de los costos de materiales por mantenimiento correctivo

Tabla 23 Valores para la proyección

MES	EGRESOS BODEGA (X)	COSTO MATERIALES (Y)	X²	X*Y	Yc	(Y-Yc)²	(Y-Ym)²
MES 1	622	\$ 6.659,68	386884	4142317,85	7403,78	553692,65	355057,23
MES 2	723	\$ 8.907,79	522729	6440328,555	8377,43	281277,45	8088203,96
MES 3	317	\$ 5.135,60	100489	1627985,2	4463,55	451646,07	861570,49
MES 4	363	\$ 4.412,50	131769	1601737,5	4907,00	244528,08	2726818,82
MES 5	463	\$ 5.214,33	214369	2414234,79	5871,01	431224,00	721613,24
MES 6	505	\$ 6.968,67	255025	3519177,088	6275,89	479940,49	818770,33
MES 7	388	\$ 5.148,10	150544	1997462,8	5148,00	0,01	838521,53
TOTAL	3381	\$ 42.446,66	1761809	21743243,78	42446,66	2442308,76	14410555,59
	Ym=	6063,81					

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

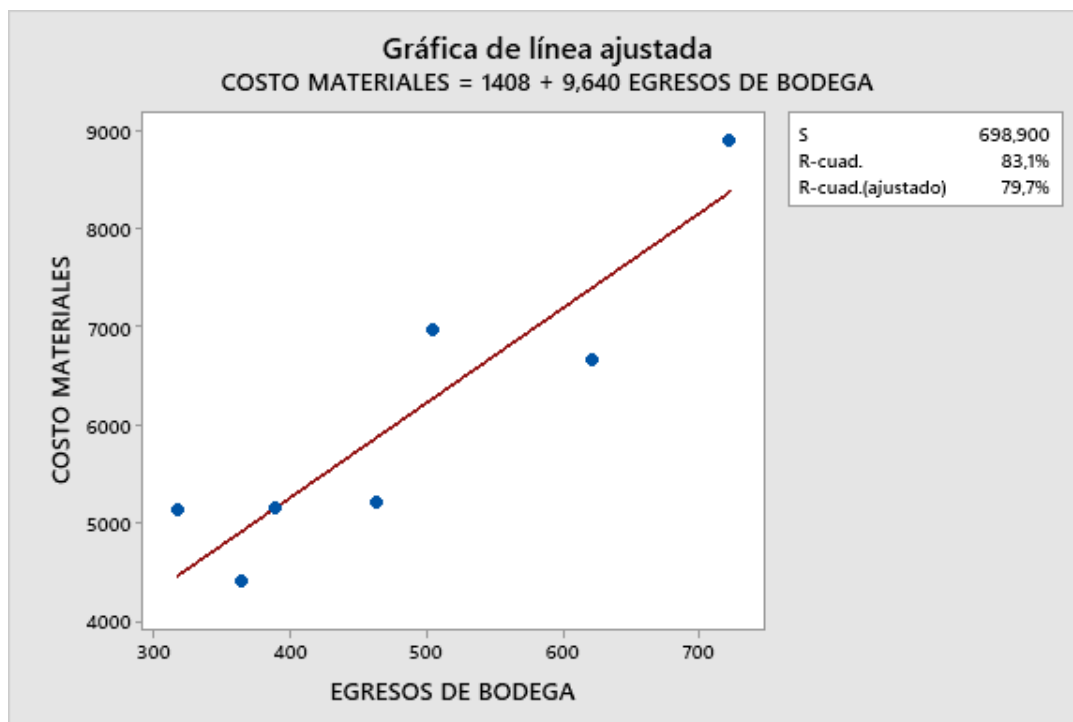


Figura 16 Diagrama de dispersión de los Egresos de bodega vs Costos materiales

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Se puede ver en la figura 16 como los puntos de conexión entre las dos variables no se encuentra tan lejos de la línea de tendencia, también se observa que el modelo sigue una pendiente positiva.

Tabla 24 Valores de la relación de las dos variables

Coefficiente de correlación lineal de Pearson	$r = 0,911$
Coefficiente de determinación	$R^2 = 83,05\%$
La ecuación de regresión	$Y = 1408 + 9,640 X$

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la tabla número 24 se muestra del Coeficiente de correlación lineal de Pearson, que dio como resultado 0,911 lo que representa una fuerte relación lineal directa entre los egresos de bodega y los costos por materiales, repuestos, consumibles etc.

Por otro lado, el Coeficiente de determinación o “R cuadrado” dio un total del 83,05% esto se traduce a que es un buen modelo, ya que este valor se acerca mucho al 100%, y por lo tanto mejor será el ajuste del modelo a los datos.

Una vez hecho el análisis anterior se proyectó los valores de los costos por herramientas, materiales, consumibles y repuestos, de los próximos 3 meses tomando en cuenta la reducción del 80% en costos por concepto mantenimiento, como referencia en los resultados de la aplicación del Proyecto de investigación de (Villacrés Parra, 2016, p. 15), llamado “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vector m654 de la empresa etapa ep”. Dando los siguientes resultados.

Tabla 25 Valores pronosticados de los Costes de materiales

	EGRESOS BODEGA (X)	COSTO MATERIALES (Y)
MES 8	93	\$ 2.300,32
MES 9	101	\$ 2.381,30
MES 10	78	\$ 2.155,72

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En los dos pronósticos realizados se notó una reducción de las variables dependientes en comparación con los anteriores meses, lo que significa un resultado al que se estima llegar en la realidad de la empresa con la aplicación del Plan de Mantenimiento Basado en la Fiabilidad RCM.

Cálculo de la confiabilidad y disponibilidad de la flota de buses con la aplicación del Plan de Mantenimiento RCM

En la tabla número 26 se puede observar la disponibilidad promedio mensual de los autobuses, estos valores son el resultado de las horas totales que tiene el bus, menos las horas que se otorgan a mantenimiento, todo esto dividió a las horas totales. Este procedimiento se lo realiza a cada bus en un periodo mensual.

Tabla 276 Total disponibilidad de la flota sin RCM

MES	1	2	3	4	5	6	7
Disponibilidad	84,65%	85,06%	85,76%	85,93%	85,57%	85,54%	85,90%

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Para el cálculo de la disponibilidad de la flota de buses una vez hecha la aplicación del RCM, se tomó como referencia los valores proyectados de las horas improductivas de la tabla número 22, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 28 Disponibilidad estimada

	Disponibilidad estimada
MES 8	85,91%
MES 9	86,02%
MES 10	86,19%

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Se cálculo la disponibilidad promedio total de la flota sin aplicar el RCM, como también aplicando el mismo, donde se puede observar un aumento del 85,49% al 86,04%, lo que evidencia que la aplicación de un Plan de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad ayuda directamente a la rentabilidad de la empresa a la que se disponga. Esta comparación se representa en la tabla número 28.

Tabla 29 Comparación de la disponibilidad

Disponibilidad promedio de la flota sin RCM	Disponibilidad promedio de la flota con RCM
85,49%	86,04%

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

En la tabla 29 se visualiza los porcentajes promedio mensual de la tasa de fallos de la flota de buses, los mismos surgen de la división de la cantidad de fallos ocurridos por mes de toda la flota, entre la cantidad de unidades que conforman la misma.

Tabla 30 Total tasa de fallos sin RCM

MES	1	2	3	4	5	6	7
Tasa de fallos %	79,1%	77,6%	68,7%	55,2%	80,6%	68,7%	55,2%

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Para el cálculo de la tasa de fallos con la implementación del RCM se tomó en cuenta la reducción del 45% en la cantidad de fallos como referencia en los resultados de la

aplicación del Proyecto de investigación de (Villacrés Parra, 2016, p. 15), llamado “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa etapa ep”. Así pues, dio como resultado la siguiente tabla.

Tabla 31 Tasa de fallos con la aplicación del RCM

	Tasa de fallos % estimado
MES 8	44,33%
MES 9	37,76%
MES 10	30,37%

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Comparando la tasa de fallos antes de la aplicación del RCM y con la adaptación del mismo como se muestra en la tabla 31, se observó una disminución del 69,3% al 37,5% para toda la flota, lo que es lo ideal ya que significa que la confiabilidad de la empresa aumento un 46%.

Tabla 33 Comparación de la tasa de fallos

Tasa de fallos % de la flota sin RCM	Tasa de fallos % de la flota con RCM
69,30%	37,49%

Fuente: Investigador

Elaborado por: Investigador

Elaboración de un recurso informático mediante un libro de cálculo en Excel, para llevar el Plan de Mantenimiento

Este libro de Excel se elaboró con la finalidad de almacenar de una manera apropiada toda la información relacionada con el Mantenimiento de la flota de buses, para ello, este documento se compuso con varias pestañas, la primera de estas es una portada, seguido con la hoja donde se ingresan los equipos a ser evaluados, y así mismo en ese lugar se selección o si es necesario se aumenta los sistemas funcionales que tienen los buses. Posterior a esto se debe realizar el análisis de criticidad y asignar el modelo de mantenimiento al sistema o equipo evaluado que se lo lleva acabo en las siguientes pestañas del libro de Excel, una vez hecho esto, se procede al apartado de la ficha del equipo en donde se colocan todos la información general y necesaria de los equipos con

su respectiva foto en donde tiene un selector de imágenes del mismo ordenador para la identificación de cada equipo, así también cuenta con un botón de imprimir y de guardar para respaldar la fichas técnicas acabadas.

A continuación, sigue la pestaña en donde se aplica el mantenimiento basado en la confiabilidad ahí se colocan los fallos más constantes que se han provocado en la flota de buses, con sus respectivas valoraciones de actuación y de frecuencia, así también se describe sus respectivas tareas de mantenimiento para evitar los modos de fallos existentes. Después sigue el formato de gamas o rutas en donde se debe enlistar las tareas que se quiere realizar para evitar los fallos dependiendo de su prioridad, en esta pestaña también se encuentra un botón de imprimir para tener las gamas o rutas de forma física para un mejor manejo del personal. Las siguientes pestañas cumplen el propósito de colocar, información valiosa como es el reporte de incidencias, las prioridades de averías, como también la ayuda al diagnóstico de las mismas, posterior a esto se encuentra una pestaña en donde se puede visualizar las incidencias abiertas y cuáles de estas son urgentes, altas, medias y bajas. Después de esto se asignó una pestaña para realizar el análisis de las averías y otra para las ordenes de trabajo y por ultima una para los reportes del control de incidencias de la flota de buses y para los indicadores de mantenimiento.

Todas las páginas del libro de Excel realizado, se encuentran de manera gráfica en el apartado de los anexos desde el anexo número 1 hasta el anexo número 15.

Resultados esperados

La elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para una flota de buses urbanos en el sur de Quito, se implementó en el departamento de Mantenimiento de la empresa, permitiendo así llegar a alcanzar el objetivo primordial del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, que es aumentar la disponibilidad, la misma que se estima llegara a un 86,04% total de la flota. Con esta implementación se disminuirá el tiempo improductivo por mantenimiento no programado de los autobuses hasta en un 47%, lo que provoca el aumento del cumplimiento de los planes de producción de la flota de transporte.

Por otro lado, todos los buses una vez aplicados el plan de mantenimiento RCM, aumentaran su confiabilidad hasta en un 46%, lo que es directamente proporcional con la rentabilidad de la empresa, esto en conjunto con una disminución de gastos imprevistos,

y así también con la reducción de hasta del 60% costes de mantenimiento, lo que engloba, gastos por repuestos caros y gastos por mantenimiento no planificado.

Antes del estudio previamente echo a cada uno de los equipos que conforman la flota vehicular, se determinó mediante el análisis de fallos, cuáles son los fallos funcionales que pueden surgir en las unidades. Esto, ayuda a mejorar la comprensión del funcionamiento de los buses por parte de los operarios, lo que evitaría la generación de fallos por falta de pericia. Aparte de lo antes dicho, se analizó todos los posibles fallos que pueden surgir en los sistemas funcionales de las unidades, lo que se convierte en una ventaja por parte de los técnicos, ya que desarrollarían mecanismos que traten de evitar estos fallos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales, esto con la finalidad de aumentar la vida útil de los autobuses.

La seguridad y bienestar de los usuarios y operarios de los buses, son un factor fundamental para el buen funcionamiento de una cooperativa de transporte. Con la implementación de un plan de manteamiento, se puede mitigar los riesgos que se generarían a causa de averías en las unidades, así mismo se reduciría gastos por catástrofes viales y por ende por mantenimiento correctivo.

Por último, la implementación de un recurso informático mediante un libro de cálculo en Excel, cumple el objetivo de llevar el Plan de Mantenimiento que se aplicó a la flota de buses urbanos, y también es donde se recolecta toda la información enfocada al mantenimiento de los mismos, lo que es importante para la empresa, ya que se encontraría todos los registros e información de mantenimiento necesarios.

Cronograma de actividades

Se determinó las actividades después de la puesta en marcha del proyecto como se evidencia en la tabla número 35, en donde se enlistan las actividades necesarias para un correcto uso de los recursos informáticos otorgados a la cooperativa de transporte, lo cual es de suma importancia para que las acciones implementadas tomen efecto en la empresa. Estas actividades se las llevó acabo en un periodo de cinco semanas lo que es un tiempo suficiente para que los encargados en manejar esta herramienta informática se familiaricen con la misma.

Tabla 342 Cronograma de actividades

N.º	Actividades	Semana				
		1	2	3	4	5
1	Presentación de la propuesta en la empresa					
2	Aprobación de las acciones del plan de mantenimiento propuesto					
3	Reunión con los encargados de mantenimiento, para la capacitación del manejo de la herramienta informática					
4	Implementación de la herramienta informática					
5	Determinación de la influencia de la aplicación del mantenimiento preventivo con los costos de reparación de buses que sufren averías o fallas					
6	Generación de estrategias de gestión del mantenimiento.					

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Análisis de costos

Se determinó el análisis de costos enfocados a mantenimiento en un periodo de 3 meses de producción de la flota de buses, dando como resultado un costo total de mantenimiento, derivado de costos fijos que no cambian su valor como es el costo de mano de obra, y por otro lado los costos variables que no tienen un valor exacto por mes como son los costos por improductividad de los buses y los costos por materiales, repuestos, herramientas, consumibles, etc.

Costos fijos

Costes por mano de obra de mantenimiento

Tabla 353 Costo del Coordinador de la Mecánica

COORDINADOR MECÁNICA	
SUELDO REAL	\$ 468,02
SALARIO BASICO	\$ 400,00
13VO	\$ 39,00
14VO	\$ 33,33
FONDOS DE RESERVA	\$ 39,00
AP IESS	\$ 52,18
VACACIONES	\$ 19,50
DESAHUCIO	\$ 9,75
TOTAL	\$ 660,79

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 364 Costo del Mecánico #1

MECÁNICO	
SUELDO REAL	\$ 468,02
SALARIO BASICO	\$ 400,00
13VO	\$ 39,00
14VO	\$ 33,33
FONDOS DE RESERVA	\$ 39,00
AP IESS	\$ 52,18
VACACIONES	\$ 19,50
DESAHUCIO	\$ 9,75
TOTAL	\$ 660,79

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 375 Costo del Mecánico #2

MECÁNICO	
SUELDO REAL	\$ 619,28
SALARIO BASICO	\$ 400,00
13VO	\$ 51,61
14VO	\$ 33,33
FONDOS DE RESERVA	\$ 51,61
AP IESS	\$ 69,05
VACACIONES	\$ 25,80
DESAHUCIO	\$ 12,90
TOTAL	\$ 863,58

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 386 Costo del Mecánico #3

MECÁNICO	
SUELDO REAL	\$ 830,00
SALARIO BASICO	\$ 400,00
13VO	\$ 69,17
14VO	\$ 33,33
FONDOS DE RESERVA	\$ 69,17
AP IESS	\$ 92,55
VACACIONES	\$ 34,58
DESAHUCIO	\$ 17,29
TOTAL	\$ 1.146,09

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 397 Costo del Mecánico #4

MECÁNICO	
SUELDO REAL	\$ 830,00
SALARIO BASICO	\$ 400,00
13VO	\$ 69,17
14VO	\$ 33,33
FONDOS DE RESERVA	\$ 69,17
AP IESS	\$ 92,55
VACACIONES	\$ 34,58
DESAHUCIO	\$ 17,29
TOTAL	\$ 1.146,09

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 40 Costo del Mecánico #5

MECÁNICO	
SUELDO REAL	\$ 913,70
SALARIO BASICO	\$ 400,00
13VO	\$ 76,14
14VO	\$ 33,33
FONDOS DE RESERVA	\$ 76,14
AP IESS	\$ 101,88
VACACIONES	\$ 38,07
DESAHUCIO	\$ 19,04
TOTAL	\$ 1.258,30

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Para el mantenimiento de la flota de buses, la empresa cuenta con un Coordinador de Mecánica y cinco Mecánicos, dando un costo total trimestral por gastos de mano de obra de \$17,206,9 como se puede visualizar en la tabla 39.

Tabla 419 Costes fijos de mantenimiento

Nº	Nombre	Cargo	Remuneración	Costo Real	Nº Meses	TOTAL
1	VILLARROEL SANGOQUIZA LUIS GONZALO	Coordinador Mecánica	\$ 468,02	\$ 660,79	3	\$ 1.982,38
2	CARDONA ZAMBRANO DAVID ORLANDO	Mecánico	\$ 468,02	\$ 660,79	3	\$ 1.982,38
3	ALVAREZ QUINTEROS CHRISTIAN ARTURO	Mecánico	\$ 619,28	\$ 863,58	3	\$ 2.590,74
4	YUGCHA QUISAGUANO HENRY RAUL	Mecánico	\$ 830,00	\$ 1.146,09	3	\$ 3.438,26
5	QUERIDO YACELGA GEOVANNY ABEL	Mecánico	\$ 830,00	\$ 1.146,09	3	\$ 3.438,26
6	SANCHEZ MIRANDA JORGE MAURICIO	Eléctrico	\$ 913,70	\$ 1.258,30	3	\$ 3.774,90
TOTAL						\$ 17.206,9

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Costos variables

Costos por materiales, herramientas, repuestos, consumibles, etc.

Tabla 42 Costes por materiales, consumibles, herramientas y repuestos

Mes	Costo total	Costo por Mtto Correctivo
1	\$ 5.214,33	\$ 3.545,74
2	\$ 6.968,67	\$ 3.135,90
3	\$ 5.148,10	\$ 1.750,35
TOTAL	\$ 17.331,10	\$ 8.432,00

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

En la tabla número 40 se puede observar los costes que tuvo la empresa en 3 meses por herramientas, consumibles, repuestos y materiales, dando un costo total por Mantenimiento Correctivo de \$8,432.

Costo por tiempo perdido o improductivo no programado de las unidades

Tabla 43 Análisis Costo hora por bus

Horas/Día Productivas de los buses	16
# de Días que trabajan los buses al mes	26
Producción mensual por bus	\$ 6.800
Horas al mes que trabaja el bus	416
Costo hora por bus	\$ 16,35

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Previamente al cálculo del costo por tiempo perdido se tiene en cuenta el costo hora por bus que es de \$16,35, este valor se deriva de la multiplicación de la producción mensual por unidad que es de \$.6800 por las 416 horas al mes que trabaja el bus, estas últimas son el producto de las 16 horas/Día productivas del autobús por los 26 días al mes que trabaja el mismo. Una vez realizado los cálculos anteriores, se multiplica el valor de \$16,35 por el número de horas que tiene la flota de buses por mantenimiento no programado, dando un total trimestral de costo por tiempo improductivo de \$15,683,59, como se puede observar en la tabla número 42.

Tabla 44 Costo por tiempo improductivo

Mes	Horas de mantenimiento no programado	Costo por hora	TOTAL
1	352:53	\$ 16,35	\$ 5.768,29
2	361:28	\$ 16,35	\$ 5.908,59
3	245:07	\$ 16,35	\$ 4.006,71
TOTAL			\$ 15.683,59

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Una vez echo todos estos cálculos se resumen los mismos en la tabla número 43, en donde se visualiza todos los costos que genera el mantenimiento correctivo para la flota de buses conformada por 67 unidades en un periodo de 3 meses en la empresa.

Tabla 45 Resumen de costos de mantenimiento sin la aplicación del RCM

COSTOS TRIMESTRALES		VALOR EN USD
COSTOS FIJOS		
Mano de obra	\$	17.206,92
COSTO VARIABLE		
Materiales repuestos	\$	8.432,00
COSTO DE FALLO		
Costo por tiempo improductivo	\$	15.683,59
TOTAL	\$	41.322,51

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Una vez aplicado el plan de mantenimiento basado en la fiabilidad RCM en la flota de buses, según las proyecciones realizadas en base a una reducción del 80% en las ordenes de trabajo como referencia de los resultados de la aplicación del Proyecto de investigación de (Villacrés Parra, 2016, p. 15), llamado “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa etapa ep”, se pronosticó el valor de los costes de materiales, repuestos y herramientas para los próximos 3 meses, dando un resultado beneficioso en el sentido económico con la reducción del 60% en costos por materiales lo que para la empresa representa un ahorro de \$ 5.063,26.

Por otro lado, así mismo se pronosticó las horas de tiempo improductivo en base a la reducción del 45% de la cantidad de las fallas en los buses, lo que resulto en una disminución del 32% en las horas improductivas, esto representa un ahorro de \$ 5.793,25 para la cooperativa de transporte.

Tabla 46 Resumen de costos de mantenimiento con la aplicación del RCM

COSTOS TRIMESTRALES		VALOR EN USD
COSTOS FIJOS		
Mano de obra	\$	17.206,92
COSTO VARIABLE		
Materiales repuestos	\$	3.368,74
COSTO DE FALLO		
Costo por tiempo improductivo	\$	9.890,34
TOTAL	\$	30.466,00

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Tabla 47 Comparación de costos de mantenimiento antes y después de implementar el RCM

COSTO TRIMESTRAL TOTAL DEL MANTENIMIENTO SIN RCM	COSTO TRIMESTRAL TOTAL DEL MANTENIMIENTO CON RCM	AHORRO TRIMESTRAL CON IMPLEMENTACIÓN DEL RCM
\$ 41.322,51	\$ 30.466,00	\$ 10.856,50

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

Como se puede visualizar en la figura número 17 y 18, una vez hecha la implementación del plan de mantenimiento basado en la fiabilidad, los costos trimestrales de la Flota de buses en mantenimiento se redujeron de \$41,322,51 a \$30,466 lo que representa una disminución de un 26% en gastos y un ahorro a la empresa de \$10,856,50.

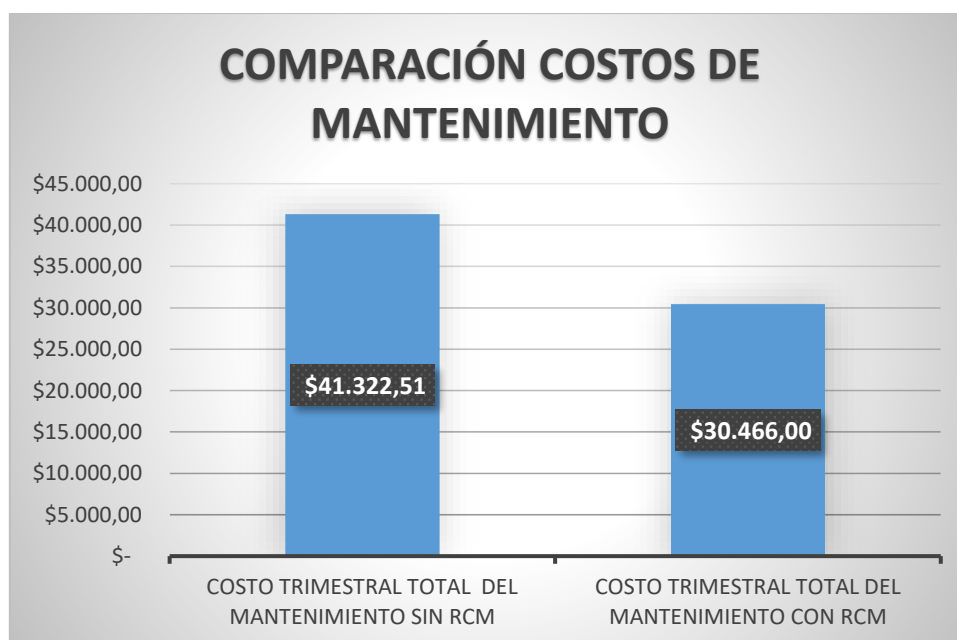


Figura 17 Comparación de costos de mantenimiento

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

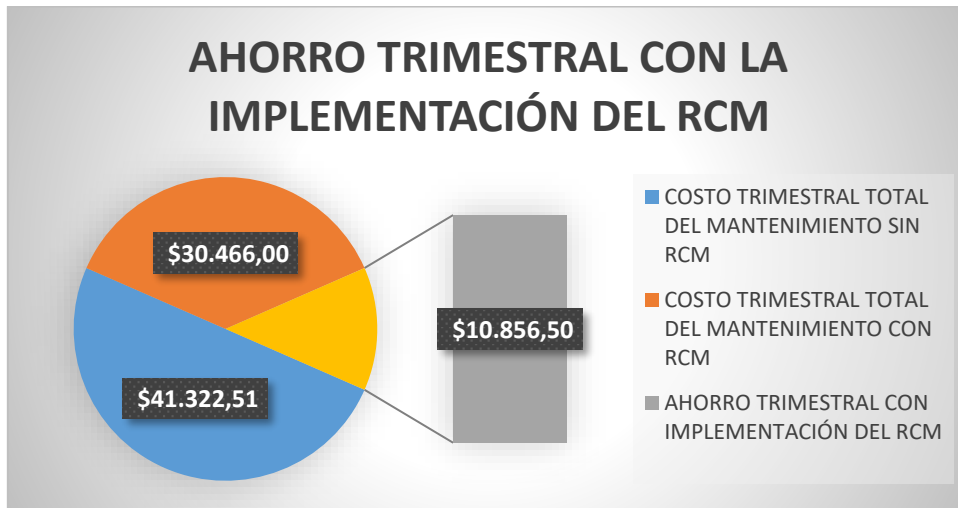


Figura 18 Comparación de costos de mantenimiento

Fuente: Cooperativa de transporte

Elaborado por: Investigador

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Después de realizar el análisis de fallos de los registros históricos de la flota, se puede concluir que las principales averías que surgen se encuentran ubicados en los sistemas de transmisión y de frenado, así también se determinó sus respectivos modos de fallo y cual serían las tareas de mantenimiento que evitarían o amortiguarían sus efectos, dichas tareas se las debe realizar con una determinada frecuencia que se las escogió en base a la opinión de expertos, y en conjunto con la investigación bibliográfica de los manuales de mantenimiento de los equipos.

Para la elaboración del Plan de Mantenimiento se analizó la información de la flota vehicular que es conformada por un total de 67 unidades, se puede concluir que los buses presentaban un sistema de codificación básico numérico que no otorgaba ningún tipo de información, por lo que se implementó un sistema de codificación inteligente alfanumérico, con el propósito que el código otorgado a cada autobús aporte información valiosa, como el número de disco de la unidad y su registro municipal, así mismo se codifico a los sistemas funcionales que conforman los buses. Después del análisis de criticidad aplicado a las unidades se concluyó que todos los buses son equipos críticos debido a que su parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa. La designación a todas las unidades fue por un “modelo de mantenimiento de alta disponibilidad”, a razón de que, todos los equipos son críticos y necesitan estar en funcionamiento la mayor parte del tiempo (más del 90%). Además, se realizó el análisis de criticidad a los sistemas funcionales de los buses, para tener diferenciación de prioridad en el momento que se llegan a averiar dos o más unidades a la vez., dando como resultado que los sistemas de freno, neumático, de inyección, de lubricación, de distribución y de transmisión son sistemas críticos, y así mismo estos constan con un modelo de mantenimiento de alta disponibilidad excepto el sistema neumático que tiene un modelo sistemático. En base a proyecciones para un periodo de tres meses que se aplicó con el método estadístico de regresión lineal, se puede predecir que la realización de estas tareas preventivas llevando a cabo el cumplimiento del Plan de Mantenimiento RCM puede reducir hasta en un 47% las paradas de mantenimiento correctivo, así mismo la tasa de fallos de la flota se redujo del 69,3% al 37,5% por lo que la confiabilidad de la flota

aumento un 46%, por otro lado la disponibilidad de las unidades subió del 85,49% al 86,04%.

Se dispuso a elaborar un recurso informático, en donde se puede almacenar toda la información de mantenimiento que corresponde a cada una de las unidades, dando paso así a la conclusión de que con la implementación de este libro de Excel existe una pronta respuesta por parte de los técnicos al momento de que surja una avería o fallo, lo que es conveniente dado que esto significa menos tiempo de paro de las unidades lo que es directamente proporcional con las ganancias de la empresa, así mismo también, se observa una mejora en el sentido del almacenamiento de información importante sobre fallos en comparación a la anterior situación de la empresa en donde no se tenía ningún registro de estos.

Los costos por materiales, repuestos, herramientas y consumibles por mantenimiento correctivo según las proyecciones, se redujo en un 60%, Por otro lado, así mismo se pronosticó las horas de tiempo improductivo en base a la reducción del 45% de la cantidad de las fallas en los buses, lo que resulto en una disminución del 32% en las horas improductivas, esto representa un ahorro de \$ 5.793,25 para la cooperativa de transporte. Los costes totales por mantenimiento se redujeron en un 26% una vez hecha la implementación del plan de mantenimiento basado en la fiabilidad, ya que se hizo la comparación con meses anteriores sin RCM y estos tienen un costo por mantenimiento total de \$41,322,51 por 3 meses, mientras que con la implementación del RCM esto costo baja a \$30,466,00 lo cual genera un ahorro a la empresa de \$10,856,50.

Recomendaciones

Para la realización de un Plan de Mantenimiento basado en la fiabilidad RCM, es de suma importancia que se tenga un histórico de averías de todos los equipos a evaluar, ya que es necesario para la determinación de los fallos potenciales, sus modos de fallo, y por ende sus respectivas tareas de mantenimiento.

Cuando un equipo es crítico y su modelo es de alta disponibilidad es totalmente necesario que se apliquen tareas de mantenimiento para amortiguar el impacto que pueden generar los fallos técnicos, ya que, si no se hace un control de estos fallos, con el tiempo se podrían convertir en funcionales y por ende afectaría directamente a la producción de la empresa si surge un paro por averías.

Al momento de realizar un plan de mantenimiento hay que hacerlo para que sea este realizable, si se elabora una lista de tareas enorme y exhaustiva, las agrupamos de forma poco práctica, o intentamos documentar cada aspecto relacionado con su realización, por pequeño que sea, conseguiremos un Plan de Mantenimiento que será más teórico que práctico, y que, probablemente, no se lleve a cabo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLALI, D. H. (2016). *Trabajo Final De Máster Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Para La Flota Vehicular Megalog.*
- CAVERO, T. J. S. D. (2019). *Propuesta de gestión de mantenimiento para una flota de transporte terrestre.*
- Celi Ortega, S. F. (s. f.). Análisis del comportamiento del transporte público a nivel mundial. 2018. <http://www.revistaespacios.com/a18v39n18/a18v39n18p10.pdf>
- Expósito Ferreiro, F., & Cavieres, C. (2015). La importancia de las mantenciones preventivas en Buses y Camiones. *NG LOGISTICA*. <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=2263&ni=la-importancia-de-las-mantenciones-preventivas-en-buses-y-camiones#>
- Garrido García, S. (2004). *Organización y gestión integral de mantenimiento* (1.^a ed.). Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Garrido García, S. (2016). *¿Qué es RCM?* www.renovetec.com/irim [irim@renovetec.com]
- Granda, A. (2018). Mecánicos y talleres avalados, un pendiente en el país Esta noticia ha sido publicada originalmente por Diario EL TELÉGRAFO bajo la siguiente dirección: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/mecanicos-talleres-avalados-ecuador> Si va a hacer uso. *El telégrafo*. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/mecanicos-talleres-avalados-ecuador>
- Importancia del mantenimiento de buses y camiones al cumplir los 10 mil km. (2019). *El Mercurio*. <https://www2.elmercurio.com.ec/2019/07/10/importancia-del-mantenimiento-de-buses-y-camiones-al-cumplir-los-10-mil-km/>
- Mantenimiento a nivel mundial. (2016). *Mantenimeinto*. <https://mantenimiento.win/mantenimiento-a-nivel-mundial/>
- Oscar, F. (2009). Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina. *Universidad del Valle, Cali, Colombia, XXXI*, 53.
- Padilla Valdez, C. L. (2012). *Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular*

del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la ciudad de Cañar.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>

RODRIGUEZ, J. L. (2018). *Elaboracion de una propuesta de plan de mantenimiento basado en s.a.s, confiabilidad para la flota de vehiculos de la empresa TRANZIT.*

Trujillo, G. (2020). *Mantenimiento en Latinoamérica. Calaméo.*
<https://es.calameo.com/read/0007104178f254af76573?page=1>

Villacrés Parra, S. R. (2016). *Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (rcm) para el vehículo hidrocleaner vactor m654 de la empresa etapa ep.* 96.

Villaveces, A. (Organización M. de la S. (2018). *Defensa del transporte público seguro y saludable.* 36.

ANEXOS

Anexo 1 Portada del recurso informático

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Jose Yanez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué desea hacer? Compartir

Y38

 Carrera de Ingeniería Industrial	PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES	 FITIC Faculty of Engineering, Technology and Information Systems
		
 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA		

PORTADA BASE DE DATOS A. CRITICIDAD POR SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO F ... 67%

Anexo 2 Pestaña del ingreso de los equipos

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Herramientas de tabla Jose Yanez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot Diseño ¿Qué desea hacer? Compartir

G6 SISTEMA DE FRENOS

	A	B	C	D	E	F	G	I
	UNIDAD	REGISTRO MUNICIPAL	TIPO DE SISTEMA DE LA UNIDAD	ÁREA	RUTA	TIPOS DE SISTEMAS FUNCIONALES	SISTEMAS FUNCIONALES DE LA UNIDAD	CÓDIGO
2	DISCO 1	2003	CONVENCIONAL	TRANSPORTE	SEMINARIO	<input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE FRENOS <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE SUSPENSIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE DIRECCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA ELÉCTRICO <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA NEUMÁTICO	SISTEMA DE FRENOS SISTEMA DE SUSPENSIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO SISTEMA NEUMÁTICO	D1COSE-2003
3						CARGAR		
4	DISCO 3	1993	CONVENCIONAL	TRANSPORTE	SEMINARIO	<input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA NEUMÁTICO <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE INYECCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE REFRIGERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE LUBRICACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SISTEMA DE SUSPENSIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO SISTEMA NEUMÁTICO SISTEMA DE INYECCIÓN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN SISTEMA DE LUBRICACIÓN	D3COSE-1993
5	DISCO 4	502	CONVENCIONAL	TRANSPORTE	SEMINARIO	<input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE FRENOS <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE SUSPENSIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE DIRECCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA ELÉCTRICO <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA NEUMÁTICO	SISTEMA DE FRENOS SISTEMA DE SUSPENSIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO SISTEMA NEUMÁTICO	D4COSE-502
6	DISCO 6	1992	CONVENCIONAL	TRANSPORTE	SEMINARIO	<input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE FRENOS <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE SUSPENSIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA DE DIRECCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA ELÉCTRICO <input checked="" type="checkbox"/> SISTEMA NEUMÁTICO	SISTEMA DE FRENOS SISTEMA DE SUSPENSIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN SISTEMA ELÉCTRICO SISTEMA NEUMÁTICO	D6COSE-1992
						CARGAR		

PORTADA BASE DE DATOS A. CRITICIDAD POR SISTEMA MODELO DE MANTENIMIENTO F ...

80%

Anexo 3 Pestaña del análisis de criticidad de los sistemas funcionales

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Herramientas de tabla | Jose Yanez | ¿Qué desea hacer? | Compartir

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot Diseño

D43

INDICE

SISTEMAS	NIVEL DE	SEGURIDAD Y MEDIO	PRODUCCIÓN	CALIDAD	MANTENIMIENTO	CODIGO
SISTEMA DE FRENSOS	CRITICO	SM_6	PR_3	CD_1	MT_2	SFRE
SISTEMA DE SUSPENSION	IMPORTANTE	SM_3	PR_2	CD_2	MT_2	SSUS
SISTEMA DE DIRECCIÓN	IMPORTANTE	SM_2	PR_2	CD_2	MT_2	SDIR
SISTEMA ELÉCTRICO	IMPORTANTE	SM_1	PR_1	CD_2	MT_2	SCTR
SISTEMA NEUMÁTICO	CRITICO	SM_1	PR_1	CD_1	MT_4	SMAT
SISTEMA DE INYECCIÓN	CRITICO	SM_1	PR_2	CD_1	MT_4	SINY
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	IMPORTANTE	SM_1	PR_2	CD_1	MT_2	SREF
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CRITICO	SM_2	PR_2	CD_1	MT_3	SLUB
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	CRITICO	SM_2	PR_2	CD_2	MT_3	SDIS
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	CRITICO	SM_2	PR_3	CD_2	MT_4	STRA
SISTEMA DE CARROCERÍA	IMPORTANTE	SM_2	PR_1	CD_2	MT_1	SCAR
SISTEMA ESTRUCTURAL	IMPORTANTE	SM_2	PR_2	CD_1	MT_2	SPUC

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

Seguridad y medio ambiente		Producción	Calidad	Mantenimiento
SM_6				
SM_5				MT_5
SM_4			CD_4	MT_4
SM_3		PR_3	CD_3	MT_3
SM_2		PR_2	CD_2	MT_2
SM_1		PR_1	CD_1	MT_1

Anexo 4 Pestaña de la selección del modelo de Mantenimiento

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Jose Yanez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué desea hacer? Compartir

134

INDICE						
CÓDIGO	NIVEL DE	COSTO DE PARADA	COSTO DE REPARACIÓN	DISPONIBILIDAD	MODELO DE MANTENIMIENTO	
SFRÉ	CRITICO	--	--	ALTA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	
SSUS	IMPORTANTE	ALTO	--	BAJA	MODELO CONDICIONAL	
SDIR	IMPORTANTE	ALTO	--	MEDIA	MODELO SISTEMATICO	
SCTR	IMPORTANTE	ALTO	--	ALTA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	
SMAT	CRITICO	--	--	MEDIA	MODELO SISTEMATICO	
SINY	CRITICO	--	--	ALTA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	
SREF	IMPORTANTE	ALTO	--	MEDIA	MODELO SISTEMATICO	
SLUB	CRITICO	--	--	MEDIA	MODELO SISTEMATICO	
SDIS	CRITICO	--	--	ALTA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	
STRA	CRITICO	--	--	ALTA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	
SCAR	IMPORTANTE	BAJO	BAJO	--	MODELO CORRECTIVO	
SRUC	IMPORTANTE	BAJO	ALTO	BAJA	MODELO CONDICIONAL	

```

    graph TD
      A[Análisis de criticidad] --> B[Importante]
      B --> C{¿Valor hora de parada?}
      C -- Alto (> de X dolares) --> D[Modelo programado]
      C -- Bajo (< de X dolares) --> E{¿Costo de reparación? (materiales y mano de obra)}
      E -- Alto (> de X dolares) --> D
      E -- Bajo (< de X dolares) --> F[Modelo correctivo]
      F --> G[Adicionales]
      G --> H{Disponibilidad > 90%}
      G --> I{Disponibilidad media}
      G --> J{Bajo uso o baja posibilidad de fallo}
      G --> K{¿Normativa legal?}
      G --> L{Falta de medios y/o conocimientos}
      H --> M[Modelo alta disponibilidad]
      I --> N[Modelo sistematico]
      J --> O[Modelo condicional]
      K --> P[MTO Legal]
      L --> Q[MTO Subcontrata]
  
```

Anexo 5 Pestaña de la ficha de los equipos


PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Jose Yanez


Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué desea hacer? Compartir

B68 'CLAS. REPUESTOS'!AZ3

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA



EQUIPO	DISCO 1	CODIGO	D1COSE-2003	
DATOS DEL EQUIPO				
NOMBRE:	AUTOBÚS	AÑO FABRICACIÓN:	2005	
MARCA:	VOLKSWAGEN			
MODELO:	17210 CD BUS URB			
MOTOR:	6079574			
CHAISIS:	9BWPF82W55R509600			
PLACA:	PUA0509			
RUTA:	SEMINARIO			
SISTEMA:	CONVENCIONAL			
DESCRIPCION DEL EQUIPO:				
BUS URBANO				
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:				
VALORES DE REFERENCIA				
ANALISIS DE CRITICIDAD:		TIPO DE EQUIPO: TRANSPORTE		
ANALISIS DE LAS ZONAS/EQUIPOS				
Tipo de equipo o de zona	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
	La posibilidad de originar un accidente grave es alta.		Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.



INSERTAR IMAGEN

[INDICE](#)

IMPRIMIR

GUARDAR

[ANÁLISIS DE LA AVERÍA!C35](#)

A. CRITICIDAD POR SISTEMA

MODELO DE MANTENIMIENTO

FICHA DEL EQUIPO

MANT. BASA

70%

Anexo 6 Pestaña para realizar el Mantenimiento RCM

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Herramientas de tabla | Jose Yanez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot Diseño ¿Qué desea hacer? Compartir

K3 Perdida de espesor en asbesto de freno de embrague, resortes de amortiguación con falla por fatiga.

INDICE	MANT. BASADO EN RCM'IAQ3				
SISTEMA	CÓDIGO	M. MANTENIMIENTO	CRITICIDAD	TIPO DE COMPONENTE	DESCRIPCION DEL FALLA
SISTEMA DE FRENOS	SFRE	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	CRITICO	FRENO	Pedal del freno se vuelve difícil de empujar y el
SISTEMA DE SUSPENSIÓN	SSUS	MODELO CONDICIONAL	IMPORTANTE	SUSPENSIÓN	Falta de amortiguación
SISTEMA DE DIRECCIÓN	SDIR	MODELO SISTEMATICO	IMPORTANTE	DIRECCIÓN	Dirección floja, El volante se siente como que está suelto, requiere un esfuerzo de lo habitual para hacer un giro
SISTEMA ELÉCTRICO	SCTR	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	IMPORTANTE	ELÉCTRICO	No recarga la batería ya que el alternador no funciona
SISTEMA NEUMÁTICO	SMÁT	MODELO SISTEMATICO	CRITICO	NEUMÁTICO	Pérdida de presión progresiva de los neumáticos
SISTEMA DE INYECCIÓN	SINY	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	CRITICO	INYECCIÓN	Potencia del motor abrupta, fallo del encendido del motor, consumo excesivo de combustible, eficiencia pobre, rendimiento inadecuado
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	SREF	MODELO SISTEMATICO	IMPORTANTE	REFRIGERACIÓN	Recalentamiento del motor
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	SLUB	MODELO SISTEMATICO	CRITICO	LUBRICACIÓN	Consumo excesivo de aceite, excesiva degradación del aceite
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	SDIS	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	CRITICO	DISTRIBUCIÓN	Traqueteos en el motor, sobrecalentamiento
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	STRA	MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD	CRITICO	TRANSMISIÓN	Dificultad en la inserción de la palanca


MODELO DE MANTENIMIENTO | FICHA DEL EQUIPO | MANT. BASADO EN RCM | GAMA O RUTA

Anexo 7 Pestaña para realizar Gamas o Rutas

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué desea hacer?

L24

	DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Frecuencia	Código
	INSPECCION GENERAL DIARIA		DIARIA	18
			Edición	1
			Fecha edi:	HOJA: 1/1
INSTALACIÓN A INSPECCIONAR O REVISAR:			TRANSPORTE	
OPERARIO:		JOSE YANEZ	FECHA:	11/1/2021
HORA INICIO:	12:24:00	HORA FINAL:	13:12	T.NORMAL:
HERRAMIENTAS		EQUIPOS DE PROTECCIÓN		
RIESGO DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS				
MATERIALES				CODIGO M.
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

INDICE

IMPRIMIR

MODELO DE MANTENIMIENTO FICHA DEL EQUIPO MANT. BASADO EN RCM GAMA O RUTA

Anexo 12 Pestaña para el análisis de las averías

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrob

S30

ANÁLISIS DE AVERÍA					
EQUIPO	DISCO 4			CÓDIGO	D4COSE-502
FECHA	11/1/2021	H. INICIO	14:03:00	TOTAL H.	
DESCRIPCIÓN DE LA AVERÍA					
SE ROMPIO LA BANDA					
SINTOMAS DEL EQUIPO					
NO ARRANCABA EL MOTOR					
RELATO					
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO					
FICHA DEL EQUIPO:'B14					

[INDICE](#)

IMPRIMIR

INCIDENCIAS ABIERTAS ANÁLISIS DE LA AVERÍA ORDEN DE TRABAJO REPORTES DISPONIBLE ...

Anexo 13 Pestaña para generar los ordenes de trabajo

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué?

G50 : X ✓ f 24

ORDEN DE TRABAJO			
Equipo	DISCO 3	Nº de Orden	11/1/2021
Descripción	SE APAGO EL MOTOR	Fecha de emisi	
Solicitante	MECANICO 1		
Nivel de prioridad	Media	A realizar el día	
Síntomas			
Riesgos del trabajo (Precauciones a tener en cuenta)			
<input type="checkbox"/>	Alto nivel de ruido. Aconsejable el uso de protectores acústicos		
<input type="checkbox"/>	Excesivo ruido. Absolutamente obligatorio el uso de protectores acústicos		
<input checked="" type="checkbox"/>	Algunas zonas calientes. Tomar precauciones para no tocar zonas marcadas como clientes móviles. Precaución para no tocar partes en movimiento. Controlar buen estado de las protec		
<input checked="" type="checkbox"/>	Riesgos eléctricos. No tocar cables, ni manipular los equipos bajo tensión		
<input type="checkbox"/>	Productos químicos abrasivos. Evitar el contacto con la piel.		
Otros:			
Equipos de protección		Firma del operario	
Casco	<input type="checkbox"/>	Gafas segur.	<input checked="" type="checkbox"/>
Protec. Acústicos	<input type="checkbox"/>	Botas segur.	<input checked="" type="checkbox"/>
Guantes	<input checked="" type="checkbox"/>	Cinturón segur.	<input type="checkbox"/>
Otros			
Herramientas y medios a preparar			
Trabajo realizado			
Situación de la orden		Abierto	
Operario	Fecha	Hora de inicio	Hora final
MECANICO 1	22/1/2020	13:00	14:23:00

INDICE

IMPRIMIR GRABAR

Urg. 1: Prioritaria
Urg. 2: Normal
Urg. 3: No urgente
Urg. 4: Posible unidad

DIAGRAMA DE FLUJO DE O.T.

INCIDENCIAS ABIERTAS ANÁLISIS DE LA AVERÍA **ORDEN DE TRABAJO** REPORTES DISPONIBLE ...

Anexo 14 Pestaña de reportes de incidencias

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué desea hacer?

K23

Control de Incidencias

[INDICE](#)

Situación Actual
Fecha de Reporte 11/1/2021

IMPRIMIR

Tabla Resumen

Tickets	Urgente	Alta	Media	Baja
Abiertos	0	0	1	0
Resueltos	0	0	0	0
% Resueltos			0%	

[REPORTE DE INCIDENCIAS!A1](#)

Estado de tickets

Tickets asignados por persona

Tiempo promedio de resolución por severidad

INCIDENCIAS ABIERTAS ANÁLISIS DE LA AVERÍA ORDEN DE TRABAJO **REPORTES** DISPONIBLE ...

Anexo 15 Pestaña de los indicadores de Mantenimiento

PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA UNA FLOTA DE BUSES - Excel

Jose Yanez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Acrobat Power Pivot ¿Qué desea hacer? Compartir

F44

10	NUMERO DE O.T ACABADAS EN LA FECHA PLANIFICADA	19	COSTE DE HORA MEDIO	0,003030176	IME	0,046772685	PETICIONES DE MATERIALES NO ATENDIDOS EN UN PLAZO DETERMINAD	1	li														
11	NUMERO DE O.T TOTALES	4,2	COSTE DE MATERIALES	92,93	INDICES DE PROPORCION DE TIPO DE MANTENIMIENTO																		
12	SUMATORIA DE RETRASOS DE CADA O.T	1	COSTE DE SUBCONTRATO	0																			
13	SUMATORIA DE INCREMENTO DE HORAS	12	COSTE DE MEDIOS AUXILIARES	0	<table border="1"> <tr> <td>M. DE PEDIDOS CURSADOS</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>SUMATORIA DEMORA DE CADA PEDIDO</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>N. DE PEDIDOS TOTAL</td> <td>10</td> </tr> </table>					M. DE PEDIDOS CURSADOS	4	SUMATORIA DEMORA DE CADA PEDIDO	3	N. DE PEDIDOS TOTAL	10								
M. DE PEDIDOS CURSADOS	4																						
SUMATORIA DEMORA DE CADA PEDIDO	3																						
N. DE PEDIDOS TOTAL	10																						
14	HOMBRES EN TODAS LAS O.T	2	INDICE DE TIEMPO MEDIO PERMANENCIA DE RESIDUOS EN PLANT.																				
15	NUMERO DE HORAS DEDICADAS A MANTENIMIENTO	16																					
16	NUMERO DE O.T PENDIENTES		<table border="1"> <tr> <td>%CONSUMO MATERIALES EN MANTENIMIENTO</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ROTACIÓN</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>ORIGEN DE MATERIALES</td> <td>3,228236307</td> </tr> <tr> <td>ROTACIÓN DE ALMACEN</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>PORCENTAJE DE PIEZAS CON MOVIMIENTO</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>EFICIENCIAS DE COMPRAS</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>TIEMPO MEDIO DE DEMORA</td> <td>0,3</td> </tr> </table>							%CONSUMO MATERIALES EN MANTENIMIENTO	1	ROTACIÓN	4	ORIGEN DE MATERIALES	3,228236307	ROTACIÓN DE ALMACEN	3	PORCENTAJE DE PIEZAS CON MOVIMIENTO	0,2	EFICIENCIAS DE COMPRAS	75	TIEMPO MEDIO DE DEMORA	0,3
%CONSUMO MATERIALES EN MANTENIMIENTO	1																						
ROTACIÓN	4																						
ORIGEN DE MATERIALES	3,228236307																						
ROTACIÓN DE ALMACEN	3																						
PORCENTAJE DE PIEZAS CON MOVIMIENTO	0,2																						
EFICIENCIAS DE COMPRAS	75																						
TIEMPO MEDIO DE DEMORA	0,3																						
17	INDICE DE CUMPLIMIENTO DE LA PLANIFICACION	4,523809524																					
18	RETRASO MEDIO	0,238095238																					
19	DESVIACIÓN MEDIA	1,428571429																					
20	TIEMPO MEDIO	0,245625																					
21	NUMERO DE O.T. POR SECTORES O ZONAS	5																					
22	NUMERO DE O.T ACABADAS	20																					
23	NUMERO DE O.T DE EMERGENCIA	0																					
24	HORAS ESTIMADAS DE TRABAJO PENDIENT	1,5																					
25	INDICADORES DE GESTION DE O. T.																						
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
32																							
33																							
34																							
35																							
36																							
37																							
38																							
39																							
40																							
41																							

ORDEN DE TRABAJO REPORTES DISPONIBILIDAD POR EQ TABLA COSTES INDICADORES

Anexo 16 Formato de la ficha de los equipos

EQUIPO		CODIGO			
DATOS DEL EQUIPO					
NOMBRE: MARCA: MODELO: MOTOR: CHAISIS: PLACA: RUTA: SISTEMA: DESCRIPCION DEL EQUIPO:	AÑO FABRICACIÓN :				
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:					
VALORES DE REFERENCIA					
ANALISIS DE CRITICIDAD:		TIPO DE EQUIPO:			
ANALISIS DE LAS ZONAS/EQUIPOS					
Tipo de equipo o de zona	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento	
A CRÍTICO	La posibilidad de originar un accidente grave es alta.	Su parada afecta al Plan de Producción y/o a clientes.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.	
	Necesita revisiones periódicas muy frecuentes (mensuales) por razones de seguridad.		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.	
	Ha producido accidentes en el pasado, en esta planta o en plantas similares.		Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).		
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.	
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.				
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.	
MODELO DE MANTENIMIENTO		¿MTO. LEGAL?		SUBCONTRATOS NECESARIOS	
CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>
CONDICIONAL	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>
SISTEMATICO	<input type="checkbox"/>			INSPECCIONES	<input type="checkbox"/>
ALTA DISPONIBILIDAD	<input type="checkbox"/>			OVERHAUL	<input type="checkbox"/>
ELEMENTOS QUE LO COMPONEN			CONSUMIBLES		
REPUESTOS CRITICOS EN STOCK PERMANENTE EN PLANTA					
CLAS. REPUESTOS IAZ3					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
HERRAMIENTAS ESPECIALES					

Anexo 17 Unidades



Anexo 18 Taller de Mantenimiento

