PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA BUSES TIPO PADRÓN MARCA BLUE BIRD OPERADOS POR CONSORCIO EXPRESS S.A.S.

CAMILO ANDRES RODRIGUEZ PULIDO
Cod. 2201429

Trabajo de Grado Desarrollado para optar al Título de Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2022

PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA BUSES TIPO PADRÓN MARCA BLUE BIRD OPERADOS POR CONSORCIO EXPRESS S.A.S.

CAMILO ANDRES RODRIGUEZ PULIDO

Director
RICARDO ALBERTO FORERO RUBIANO
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 17 de octubre de 2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y mis más grandes
logros a la sabiduría integra de mis padres

AGRADECIMIENTOS

Infinitas gracias a esas personas que creen en el talento joven, en la lealtad y en el trabajo duro, a mis mentores que me cobijaron desde un inicio y a esas personas que no dudaron en apoyarme para seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 18
1. INTRODUCCIÓN 19
1.1. OBJETIVOS 20
1.1.1. Objetivo General 20
1.1.2. Objetivos Específicos 20
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 20
1.3. PREGUNTA PROBLEMICA 21
1.4. DELIMITACIÓN 22
2. MARCO REFERENCIAL 23
2.1. MARCO TEORICO 23
2.1.1. Bus Blue Bird Sigma Y3FE 2014 23
2.1.2. Mantenimiento Correctivo 24
2.1.3. Mantenimiento preventivo 24
2.1.4. Mantenimiento predictivo 24
2.1.5. Costos dependiendo del tipo de mantenimiento 25
2.1.6. Indicador 25
2.1.7. Formulación de Indicadores: 26
2.1.8. Cuadro de mando integral (CMI) 27
2.1.9. Costo por Kilometro (CPK) 27
2.1.10. Matriz de probabilidad de impacto 28
2.1.11. Diagrama de Pareto 28
2.1.12. Diagrama de Ishikawa 29
2.1.13. Análisis causa raíz 30
2.1.14. Bitácora de Mantenimiento 30
2.1.15. Identificación de los Buses 30
2.1.16. Consumo de aceite de Motor Cummins ISB 6.7 31
2.1.17. Sensores e Interruptores a Cargo del OEM 32
2.1.18. Sensores a Cargo de Cummins 33
2.2. ESTADO DEL ARTE 34
2.2.1. Plan de mantenimiento para Equipos Críticos en la Empresa Reyes S.R.L. 34
2.2.2. Plan de Mantenimiento para Disponibilidad de Equipos en la Empresa Zanja S.R.L. 34

2.2.3. Implementación de Plan de Mantenimiento en Equipos Biomédicos del Instituto Mexicano del Seguro Social 34
2.2.4. Implementación de un Plan de Mantenimiento para Equipos Neumáticos de uso Médico de un Hospital 35
3. ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL 36
4. METODOLOGIA 37
4.1. DIAGNOSTICO 37
4.1.1. Reconocimiento de Necesidades de Medición 37
4.1.2. Formulación de Indicadores 37
4.1.3. Consolidado y Retroalimentación 37
4.1.4. Análisis por Causalidad 38
4.2. FALLAS RECURRENTES EN LOS MOVILES 38
4.2.1. Identificación del Estudio 38
4.2.2. Muestra de Estudio 38
4.2.3. Reconocimiento de Equipos 38
4.2.4. Reconocimiento de Herramienta de Diagnóstico 38
4.2.5. Diagnóstico y Análisis de Resultados de Fallas 38
4.3. DURABILIDAD DE PIEZAS 39
4.3.1. Re-manufacturación de Repuestos 39
4.3.2. Costo-Beneficio Repuestos Nuevos vs Remanufacturados 39
4.3.3. Durabilidad de Piezas de Alta Rotación 39
4.3.4. Formalización y Actualización de Base de Datos de Durabilidad de Piezas 39
4.4. PLANES DE ACCIÓN Y NUEVAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO MECTRONICS) 39
4.4.1. Cuadro de mando integral de mantenimiento 39
4.4.2. Actividades y cambios al proceso de mantenimiento 39
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS 41
5.1. DIAGNÓSTICO 41
5.1.1. Reconocimiento de Necesidades de Medición 41
5.1.2. Formulación de Indicadores 41
5.1.3. Consolidado y Retroalimentación 42
5.1.4. Análisis por Causalidad 47
5.2. FALLAS RECURRENTES EN LOS BUSES 49
5.2.1. Identificación del estudio 49

5.2.2. Muestra de estudio 49
5.2.3. Reconocimiento de equipos 49
5.2.4. Reconocimiento de herramienta de diagnóstico 50
5.2.5. Diagnóstico y análisis de resultados de fallas 51
5.3. DURABILIDAD DE PIEZAS 58
5.3.1. Re-manufacturación de repuestos 58
5.3.2. Costo-Beneficio repuestos nuevos vs remanufacturados 59
5.3.4. Formalización y actualización de base de datos para durabilidad de piezas SIEF 66
5.4. PLAN DE ACCIÓN Y MEJORAS DE MANTENIMIENTO 67
5.4.1. Cuadro de mando integral de Mantenimiento: 68
5.4.2. Actividades y cambios al proceso de mantenimiento 69
5.4.2.1. Mejora de indicadores generales 69
5.4.2.2. Incentivos al personal técnico (Disponibilidad-confiabilidad) 69
5.4.2.3. Grupos Específicos de Mantenimiento Preventivos (Confiabilidad) 70
5.4.2.4. Grupo especifico de Presentaciones Transmilenio RTM y periódicas (Confiabilidad-disponibilidad) 70
5.4.2.5. Personas especializadas en el Mantenimiento de Puertas (Confiabilidad) 71
5.4.2.6. Seguimiento de fluidos-niveles de la flota (Confiabilidad) 71
5.4.2.7. Seguimiento Alistamiento Nocturno de la flota (Confiabilidad) 72
5.4.2.8. Mejora en Testigos de motor flota Blue Bird 72
5.4.2.9. Charlas con operadores y Centro de control 72
5.4.2.10. Visita y evaluación de proveedor encargado 72
5.4.2.11. Plantilla para Bus Blue Bird 73
5.4.2.12. Seguimiento a consumo de unidades postratamiento 73
5.4.2.13. Mejora en repuestos reiterativos y evaluación de proveedores 73
5.4.2.14. Módulo de repuestos reiterativos en SIEF 73
5.4.2.15. Parametrización de vida útil (días) de repuestos 74
5.4.2.16. Reclamación de garantías y evaluación de proveedores 74
5.5. APLICACIONES DE LAS MEJORAS DE MANTENIMIENTO 75
5.5.1. Equipos de Mantenimiento preventivo 75
5.5.2. Equipo de mantenimiento integral de puertas 76
5.5.3. Equipo de presentaciones periódicas y RTM 78
5.5.4. Seguimiento de niveles 79

5.5.5. Seguimiento de alistamiento nocturno: 80
5.5.6. Capacitaciones bus Blue Bird 81
5.5.7. Contrato directo por la empresa 82
5.5.8. Módulo de reiterativos en SIEF 82
5.5.8.1. Instructivo módulo SIEF reiterativos por repuestos 82
5.5.8.2. Parametrización de materiales en SIEF 1.0 83
5.5.8.3. Parametrización de homónimos en SIEF 2.0: 84
5.5.8.4. Autorización de repuesto en módulo de reiterativos SIEF 2.0 84
5.6. MEJORAS DURANTE EN EL AÑO 2022 86
5.6.1. Disponibilidad de flota anual 86
5.6.2. Ejecución de Mantenimiento preventivo: 86
5.6.3. Varados por sistema de puertas: 87
5.6.4. Varados por sistema se paga y no prende: 87
5.6.5. Consumo de unidades dosificadores: 88
6. CONCLUSIONES 89
BIBLIOGRAFÍA 90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de costos de mantenimiento (VALDIVIESO, 2010) 25
Tabla 2 Matriz de probabilidad e impacto (Gonzales, 2020) 28
Tabla 3: Buses en estudio con su respectivo número identificativo (Consorcio Express) 49
Tabla 4: Lectura de códigos de falla del bus Z107223 (Cummins) 52
Tabla 5 Frecuencia de códigos de falla (Cummins , 2022) 53
Tabla 6 Matriz de impacto códigos de falla (Cummins , 2022) 55
Tabla 7 Consumo caja de dirección móvil Z107108 (Mectronics; sief 1.0, 2021) 59
Tabla 8 CPK comparativo nuevo vs remanufacturados (Mectronics; sief 1.0, 2021) 62
Tabla 9 CPK repuestos de alta rotación 2021 (Mectronics; sief 1.0, 2021) 66
Tabla 10 Distribución de grupos de mantenimiento preventivo 70
Tabla 11 distribución de grupo de periódicas y RTM 71
Tabla 12 Distribución de grupo de mantenimiento integral de puertas 71
Tabla 13 Criterios de evaluación para grupo de mantenimientos preventivos 75
Tabla 14 Seguimiento de grupo de mantenimiento preventivo del mes de junio (Mectronics, 2021) (Consorcio Express, 2021) 76
Tabla 15 Criterios de evaluación grupo de mantenimiento integral de puertas 76
Tabla 16 confiabilidad de mantenimiento integral de puertas hasta Julio 2022 77
Tabla 17 Confiabilidad de grupo de mantenimiento integral de puertas (Consorcio Express, 2021) (Mectronics; Sief 2.0, 2021-2022) 78
Tabla 18 condiciones de evaluación equipo periódicas y RTM 78
Tabla 19 Evaluación de grupo de periódicas y RTM para el mes de junio (Consorcio Express, 2021-2022) 78

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 referencia bus blue bird (Blue Bird, 2013) 23
Ilustración 2 Áreas contempladas en el CMI (Paez, 2012) 27
Ilustración 3 Ejemplo de diagrama de Ishikawa (Rodriguez J. , 2022) 29
Ilustración 4 Numero identificativos buses Z107209 Y Z127039 31
Ilustración 5 Consumo de Aceite Lubricante y Límites Aceptables motores Cummins (Cummins, 2011) 31
Ilustración 6 Especificaciones Sistema de Aceite Lubricante motor 6.7 litros (Cummins, 2011) 32
Ilustración 7: Parte de diagrama de cableado de sensores e interruptores a cargo del OEM (Cummins , 2022) 32
Ilustración 8: Cableado eléctrico de algunos sensores a cargo de Cummins (Cummins , 2022) 33
Ilustración 9: Placa identificativa de motor del bus Z107005 (Cummins , 2022) 50
Ilustración 10 charla de taller código 1117 árbol de fallas Cummins (Cummins , 2022) 57
Ilustración 11 Cuadro de mando integral de Mtto 68
Ilustración 13 Cuadro de seguimiento de niveles (Mectronics, 2021-2022) (Mectronics, 2021) 79
Ilustración 14 Programación de niveles vía correo 80
Ilustración 15 Cuadro de seguimiento de alistamiento nocturno (Mectronics; sief 2.0, 2022) (Mectronics, 2021) 81
Ilustración 16 Sala de capacitaciones para personal de Mectronics 82
Ilustración 17 Parametrización de tiempo de rotación de un repuesto (Mectronics, 2012) 84
Ilustración 18: Parametrización de materiales Homónimos (Mectronics , s.f.) 84
Ilustración 19: Módulo de notificación de repuesto reiterativo (Mectronics , s.f.) 85
Ilustración 20: Confirmación de registro (Mectronics , s.f.) 85
Ilustración 21: Selección de material para aprobar (Mectronics , s.f.) 85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Comparación de costos de mantenimiento (VALDIVIESO, 2010)..... 25
Figura 2 Calculo de costo por kilometro (GOODYEAR, s.f.) 28
Figura 3 Ejemplo de diagrama de Pareto (Souza, 2019)..... 29
Figura 4. Indicador de Disponibilidad de Flota Año 2021 43
Figura 5. Indicador de Ejecución de Mantenimientos Preventivos Año 2021..... 44
Figura 6. Indicador de Caracterización de Varadas Año 2021 45
Figura 7. Indicador de Alistamiento Nocturno Año 2021..... 46
Figura 8. Indicador de Varadas Vs Alistamiento Nocturno Año 2021..... 47
Figura 9. Diagrama de Ishikawa Patio 191 Año 2021..... 48
Figura 11. Pareto códigos de falla..... 55
Figura 12 Top 15 Rotación y costos de repuestos 2021 63
Figura 13: Porcentaje de ejecución de mantenimiento integral actualizado a julio. 77
Figura 14 DPV por bus no varado intervenido..... 77
Figura 15 Dispersión de días de niveles por móvil 80
Figura 16 Dispersión de alistamiento nocturno de días por móvil 81
Figura 17 Disponibilidad de flota por año..... 86
Figura 18 Ejecución de mantenimiento preventivos anuales..... 86
Figura 19 Varados sistema de puertas semestrales..... 87
Figura 20 Varados por se apaga y no prende semestral..... 87
Figura 21 Consumo de unidades dosificadoras semestral 88

GLOSARIO

DIAGRAMA DE PARETO: Diagrama donde se estudia el 20% de las causas de fallas más importantes para dar solución al 80% restantes de las problemáticas.

INMOVILIZADO: Condición del vehículo que impide su operación en el sistema, el cual se le debe realizar la respectiva corrección de la falla a partir de una orden de trabajo que debe ser informada formalmente a Transmilenio.

TÉCNICO DE PATIOS: Condición de inmovilización donde el móvil será inspeccionado en su totalidad por personal externo (Transmilenio), validando las perfectas condiciones del móvil referente a carrocería, mecánica y electricidad, además de validar la respectiva corrección de la novedad de la inmovilización.

INFORME TÉCNICO: Condición de inmovilización por reincidencia de varadas donde al móvil se le debe realizar un informe técnico especificando las causas y soluciones identificadas para prevenir una futura falla de la misma naturaleza.

BITÁCORA: Informe del estado diario de la flota inoperativa que se encuentra en el patio.

BOLSA DE DÍAS: Suma de la Cantidad de días de los móviles inoperativos desde la fecha de inoperatividad del vehículo hasta la fecha.

INOPERATIVO: Móvil que no es apto para prestar servicio.

VARADO EN VÍA: Vehículo que presenta falla durante su operación que impide continuar la ruta.

ALISTAMIENTO NOCTURNO: Preparación y revisión total del vehículo identificando y previniendo posibles fallas antes de iniciar su operación.

ALISTAMIENTO DE NIVELES: Inspección del vehículo donde se validan y verifican los niveles de los fluidos como: refrigerante, aceite de transmisión, aceite de motor, hidráulico, valvulina tapa cubos, de manera que se encuentren en el rango establecido para su correcta operación.

CÁRCAMO: Espacio o zanja diseñado para realizar mantenimiento a la parte inferior del móvil.

ZONA DE FALLAS: Lugar designado en el patio para los móviles que presentan novedad de fácil y rápida atención.

ZONA DE LABERINTO: Sitio donde se organizan y parquean los vehículos después de la operación, formando una cuadricula.

SIRCI: Sistema integrado de recaudo, control e información, utilizado en los móviles que operan en el sistema integrado de transporte.

REQUISICIÓN: Numero de consecutivo de una solicitud de repuestos específicas para un móvil.

RTM: Hace referencia a la revisión técnico-mecánica del móvil.

KDV: Hace referencia a las siglas Kilometraje Diario por Bus.

DPV: Distancia promedio entre varadas, hace referencia a la cantidad de kilómetros que recorre un móvil dividido entre sus varadas.

HALLAZGO: Novedad reportada por Transmilenio sobre el móvil que no implica la seguridad del usuario ni el funcionamiento del móvil.

URI: Móvil que se encuentra en patios u procesos legales por accidentes de tránsito o afines.

REQUERIMIENTO ADMINISTRATIVO: Móvil inoperativo que es requerido por el cliente o por Transmilenio.

HABILITACIÓN POR CORREO: Forma en la cual se envía la evidencia formal de la corrección de una falla de un móvil inmovilizado.

TRANSCRIPCIÓN DE OT: Orden de trabajo generada en el sistema SIEF que debe de ser transcrita al sistema SAP.

INSITE: Software especializado desarrollado por Cummins para diagnóstico de motores Cummins.

INLINE: Interfaz fabricada por Cummins que permite la lectura y transformación de datos de un motor Cummins.

COLILLA ABS: Elemento que permite el diagnostico de sensores del sistema ABS

TERCEROS: Empresas externas que prestan servicio de mantenimiento a flota de Mectronics.

FALSO REPORTE: Móvil reportado por alguna novedad o falla que después de ser inspeccionado por mantenimiento no evidencia ningún rastro de falla o novedad reportado.

VARADO CON ASISTENCIA DE GRÚA: Móvil que presenta una novedad que le impide físicamente seguir con ruta de operación y debe de ser remolcado en grúa.

OPERATIVO: Móvil que se encuentra sin restricciones para operar y puede salir a ruta sin novedades.

REPUESTO REMANUFACTURADO: Repuesto que presento alguna falla y que puede ser reparado para su reutilización.

SALIDA BUS: Estatus de un repuesto que es entregado a un técnico para ser instalado a un móvil y que pertenece a la flota a cargo de Mectronics.

SALIDA DE FLOTA: Espacio de 3:00 am a 5:30 am donde los móviles parqueados en patio se disponen a salir para tomar ruta de operación.

NOTA: Numero referente a un consecutivo de documento con el cual se realiza la salida de un repuesto de almacén a un técnico.

CONTEO: Clave de acceso de Cummins que permite cambiar el tipo de calibración de un módulo de control electrónico de motor.

CEXP: Siglas asociadas a Consorcio Express.

MSA: Siglas asociadas a Mectronics S.A.

TALLER EXTERNO: Móvil inoperativo que se encuentra en algún taller externo fuera del patio 191.

DIÁLISIS: Proceso que recircula y filtra el combustible del móvil limpiando el tanque y removiendo partículas del sistema.

ARNÉS: Conjunto de cables configurados y diseñados para dispositivos específicos

RACOR: Elemento que permite la unión de mangueras o tubos.

SEÑALÉTICA: Stikers o pegatinas en el móvil exigidas para la identificación del móvil, identificación de elementos de seguridad o advertencias.

SAP: Desarrollo de programas de sistemas de análisis es el software de mantenimiento usado por Consorcio Express.

SIEF: Sistema de información para explotación de flotas es el software de mantenimiento usado por Mectronics S.A.

CONSOLA MANTENIMIENTO: Software usado por el personal técnico de Mectronics para realizar solicitud de repuestos y reportes de mantenimiento por órdenes de trabajo.

DESVINCULACIÓN: Móvil que después de 90 días de inoperatividad es sacado del sistema de Transmilenio y no puede volver a operar.

VINCULACIÓN: Móvil que debe de ser alistado y presentado a Transmilenio para poder adquirir un número y registro que le permita operar dentro del sistema integrado de transporte.

OPACIDAD: Prueba de gases de escape del móvil que permite identificar la cantidad de hollín presente en el proceso posterior a la combustión.

TROUBLESHOOTING: Hace referencia al árbol de falla de cualquier novedad o código de falla presentado en el Módulo de Control Electrónico del bus.

REPUESTOS REITERATIVOS: Hace referencia a repuestos que son instalados en un mismo bus en un periodo de tiempo muy corto.

OPERADOR: Persona encargada de manejar los buses con una ruta asignada y horario especifico.

OPERACIONES: Unidad que se encarga de la planeación de rutas, ejecución de kilometraje, asignación de operadores y seguimiento a los buses durante su operación de trabajo diaria.

CENTRO DE CONTROL: Unidad de operaciones encargada de realizar seguimiento, control y prestación de ayuda a operadores encargados de rutas programadas.

PLANTILLA: Parámetros para motores Cummins con una información específica de una empresa o uso especializado.

MASTER DEL BUS: Aparato dentro del bus encargado de cortar la corriente total.

REPUESTOS REMANUFACTURADOS: Hace referencia a repuestos que presentaron falla y fueron reparados para su reutilización

REPUESTOS HOMÓNIMOS: Hace referencia a repuestos que tiene la misma aplicación, pero con diferente referencia en el sistema SIEF. Ejemplo: diferencial remanufacturada completa, diferencial remanufacturado parcial y diferencial nuevo.

INSPECCIÓN 360: Revisión general o total del móvil.

MÓVIL REITERATIVO: Vehículo que en corto tiempo presenta más de dos varadas por el mismo o diferente sistema funcional.

TRANSVERSAL: Área de CEXP que se dedica a solo la programación de mantenimientos preventivos.

CPK: Siglas de Costo por kilómetro.

OEM: Siglas de Original Equipment Manufacturer o fabricante de equipo original

RESUMEN

El siguiente trabajo, consiste en plantear una mejora en el plan de mantenimiento de la empresa Mectronics, la cual, esta encarga del mantenimiento de la flota tipo padrón Y3FE de la marca Blue Bird y que es operada por el Consorcio Express S.A.S., todo lo anterior, a través del análisis de datos, formulación de indicadores, planes de acción, estudio de durabilidad de repuestos y diagnósticos de código de falla en la flota.

Para el estudio se realizó muestra y análisis de 183 buses, formulando indicadores de comportamiento general de la flota para el año 2021, permitiendo la organización y creación de bases de datos de forma ordenada sobre la información recopilada durante el año; posterior a la identificación y análisis de cada indicador se realiza diagnóstico y estudio de códigos de falla de 43 buses con el fin de identificar la causa raíz de las problemáticas que presentan en operación realizando diagrama de Pareto y matriz de impacto; para la parte final se realiza un análisis particular de los repuestos que más presentan fallas y consumos reiterativos dentro de la flota con el fin de identificar su vida útil y realizar control a través de la herramienta de mantenimiento de la flota y así evitar consumos excesivos y prematuros de repuestos que generan alto costo a la empresa.

Los resultados, permitieron generar acciones de mejora en el plan de mantenimiento que, a partir de su implementación, evidenciaron mejoras significativas en lo corrido del año 2022. Se observan, mejoras en la disponibilidad de flota mensual, confiabilidad en operación y kilometraje ejecutado, además de la organización y análisis de trabajos específicos asignados al personal técnico junto con mejoras de condiciones laborales y finalmente ahorro de insumos y gastos innecesarios gracias a la alerta de consumo de repuestos reiterativos.

1. INTRODUCCIÓN

Mectronics S.A. es la empresa contratada por Consorcio Express S.A.S., para hacer mantenimiento a su flota de buses marca Blue Bird tipo padrón Y3FE desde el año 2012, actuando a su vez como, dealer oficial de la marca y encargada del servicio postventa. Actualmente, cuenta con dos sedes en Bogotá, uno dentro de los patios del SITP calle 191 y otra en la localidad de Puente Aranda donde se realiza el respectivo mantenimiento general de la flota.

Durante los años 2020 y 2021 los buses han alcanzan la mitad de su vida útil (es decir, 500.000 km), por lo cual, el mantenimiento preventivo, la demanda de repuestos y las fallas repentinas, empiezan a jugar un papel muy importante, que dan como consecuencia la disminución en el Tiempo Medio entre Averías (o MTBF, por sus siglas en inglés, Mean Time Between Failures) y el aumento del Tiempo Medio de Reparación (o MTTR, por sus siglas en inglés, Mean Time to Repair), afectando drásticamente la disponibilidad operativa de la flota, por lo cual, se vuelve necesario implementar estrategias de mejora continua, así como, realizar el diagnóstico y posterior actualización de los procesos de mantenimiento adelantados por la compañía, de manera que se dé una respuesta oportuna y efectiva a la demanda diaria de mantenimiento de la operación.

La empresa Mectronics actualmente, cuenta con 183 buses repartidos de la siguiente manera, 16 Alimentadores, 119 zonales y 48 complementarios; la disponibilidad de la flota y el kilometraje diario recorrido define los ingresos mensuales de la compañía, por lo cual, es importante garantizar una confiabilidad de la flota, que satisfaga las expectativas que garanticen el flujo de caja necesario, determinado por la empresa.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto busca generar estrategias que permitan mejorar el plan de mantenimiento de los buses tipo Padrón marca Blue Bird, a partir de un análisis especifico y general de los datos de mantenimiento, implicando la durabilidad de piezas, la disponibilidad de la flota y las fallas recurrentes.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

- Proponer una mejora del plan de mantenimiento para buses tipo padrón marca Blue Bird operados por Consorcio Express S.A.S.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar análisis de datos de operación de los buses de la flota a partir de la herramienta “CUMMINS Insite 8.8” para relacionar variables de operación con la ocurrencia de fallas.

- Determinar la durabilidad de piezas requeridas en el mantenimiento de buses tipo padrón marca Blue Bird de Consorcio Express S.A.S en función de variables de operación.

- Establecer nuevas actividades de mantenimiento con base en el análisis de datos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema integrado de transporte público “SITP” en la ciudad de Bogotá fue inaugurado en el año 2012, es una red de transporte público articulada, organizada y de fácil acceso con cobertura en toda la ciudad que permite movilizar a los ciudadanos optimizando los recursos, las vías y el servicio. Integra en una misma organización los agentes que gestionan los distintos componentes del sistema bajo la coordinación y vigilancia de Transmilenio, facilitando el acceso de los usuarios a través de un único sistema de recaudo y servicio. Se compone del transporte masivo y colectivo de la ciudad a través de buses, pero en el futuro, podrá acoger otros modos de transporte como Metro, Tranvías y Cables. El sistema en esencia es público, está diseñado y controlado por el Estado con el propósito de garantizar la prestación de un servicio público fundamental como es el transporte. (Bogota como vamos, s.f.).

Actualmente, la ciudad está dividida en 13 zonas de operación y cuenta con varias modalidades de servicio tales como: Transmilenio, bus zonal, bus complementario y bus alimentador entre otros. El bus zonal, complementario y alimentador cuenta con más de 100 rutas en toda Bogotá de las cuales 27 se encuentran en la zona 1

(1) (USAQUEN), las cuales son, administradas por el Consorcio Express S.A.S, como contratista, por lo que se encarga del cumplimiento del mantenimiento, puesta en marcha, asignación de rutas y limpieza de todos los buses. El patio de la zona 1 (USAQUEN) asignado para Consorcio Express S.A.S es el Patio 191 (calle 191 con autopista norte) que en 35.000 m^2 alberga alrededor de 500 buses con servicio de parqueadero y funcionamiento 24 horas 7 días a la semana (2). Dentro del Patio 191, existen hangares donde se realizan las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de cada bus detenido, ya sea, por problemas de baja prioridad o por falla de elementos mecánicos, térmicos u otro que imposibilite el correcto funcionamiento del vehículo.

Dentro del Patio, 183 de los buses son de la marca Blue Bird, que en Colombia posee un convenio con la empresa Mectronics S.A.S para la realización del mantenimiento de estos que están asociados al SITP, por lo cual, uno de los hangares designados pertenece a la empresa Mectronics S.A.S para la realización del trabajo en cada bus.

Actualmente, la empresa Mectronics S.A.S trabaja día a día en el mantenimiento de los buses que llegan al patio por averías o por mantenimiento preventivo. La empresa cuenta con una problemática actual de no poseer un estudio de tiempos y disposición de piezas que ayude a prever el tiempo entre falla, para así tener en inventario al momento de realizar el trabajo, las piezas más críticas, ya que estas se deben importar, lo que requiere con frecuencia varios días, generando grandes demoras por mantenimiento correctivo evitando la recirculación o disponibilidad del vehículo, lo que actualmente representa $ 3.000.000 COP/día en ingresos para el sistema.

Por esta razón, se busca hacer un estudio de vida útil de piezas dentro de flota y complementar y/o mejorar el plan de mantenimiento existente.

1.3. PREGUNTA PROBLEMICA

¿Se puede mejorar el plan de mantenimiento preventivo de los buses tipo padrón de la marca Blue Bird Operados por Consorcio Express S.A.S, a partir de, la formulación y análisis especifico y general de datos sobre durabilidad de piezas, disponibilidad de la flota y fallas recurrentes?

1.4. DELIMITACIÓN

Para poder mejorar el plan de mantenimiento de los Buses Tipo Padrón operados por la empresa Consorcio Express, es necesario realizar estudios sobre la flota total a cargo de Mectronics S.A.S. (183 buses) intervenida en el área de mantenimiento ubicada en taller de mantenimiento de Consorcio Express S.A.S del centro de operaciones calle 191 – Patio 191.

La flota en evaluación es la Padrón de marca Blue Bird, operada por el Consorcio Express S.A.S., cuyo mantenimiento está contratado con Mectronics S.A.S., y está divida según el tipo de operación que cumple y que corresponde a lo establecido por el servicio de Transporte Masivo denominado “Transmilenio”

- Bus complementario: 48 buses
- Bus zonal: 119 buses
- Bus alimentador: 16 buses

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. Bus Blue Bird Sigma Y3FE 2014

Ilustración 1 referencia bus blue bird (Blue Bird, 2013)

El móvil Blue Bird Sigma es un vehículo de referencia (Y3FE) ensamblado en México, el OEM (Blue Bird corporation- Americano) reunió a varios fabricantes para el ensamble de un bus que permitiera el trasporte seguro de personas con enfoque al servicio público de Bogotá-Colombia; Blue Bird indica lo siguiente en su manual de servicio *"**En el diseño de todos los Sigma americanos, Ingeniería de Blue Bird utilizó muchos componentes de empresas líderes en la industria de vehículos para trabajo pesado. Blue Bird diseña y configura todos los sistemas donde se utilizan estos componentes, no los fabrica***" (Blue Bird, 2014); teniendo en cuenta lo anterior se realiza una caracterización de los principales fabricantes:

- Chasis: Blue Bird
- Carrocería: Ayco
- Motor: Cummins
- Suspensión: Hendrickson
- Transmisión: Allison
- Frenos: Bendix y Meritor
- Tablero de Instrumentos: Actia
- Dirección: TRW

2.1.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es la forma de intervención de una maquina cuando este ya presenta una falla en alguna de sus piezas, por lo cual hay que esperar a que se produzca el fallo para tomar acciones, pero esto genera un sobrecosto en el plan de mantenimiento al haber una parada no presupuestada.

Existen las paradas correctivas rutinarias que no afectan demasiado al sistema y las correctivas de emergencia que detienen por completo el equipo y necesita ser corregida en el mismo instante.

2.1.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que antes de que ocurra la falla de cualquier pieza se realiza un cambio previniendo su posible falla en operación, todo esto siempre bajo condiciones medidas y controladas por la empresa; hacer esto tiene una gran cantidad de beneficios en términos de seguridad, tiempo de vida útil de la máquina, costos en la empresa, carga laborar constante e inventario.

Para la realización de un correcto mantenimiento preventivo es necesario tener a mano:

Inventario y manual de mantenimiento correspondiente

Tipos de trabajo a realizar periódicamente

Frecuencia exacta de realización del trabajo

Hoja de vida de la máquina para la planificación de cambios

2.1.4. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en el cambio no regular de una pieza antes de que falle a partir de diferentes controles (ultrasónico, tinta, herramienta de diagnóstico, control de temperaturas) haciendo medidas periódicas y así programar la maquina sin necesidad de parar la producción para el cambio de la respectiva pieza.

El mantenimiento predictivo tiene gran cantidad de beneficios entre los que se destacan el tiempo, vida útil límite más concreta, un mejor análisis de la

posible falla, un análisis estadístico y una constante verificación del estado del equipo.

2.1.5. Costos dependiendo del tipo de mantenimiento

Cada tipo de mantenimiento genera diferentes impactos sobre el presupuesto de la empresa analizando variables como stock, tiempos de parada, improductivos y costos de implementación.

COSTOS	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Altos	Mediano	Muy bajos
Tpo. de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

Tabla 1 Comparación de costos de mantenimiento *(VALDIVIESO, 2010)*

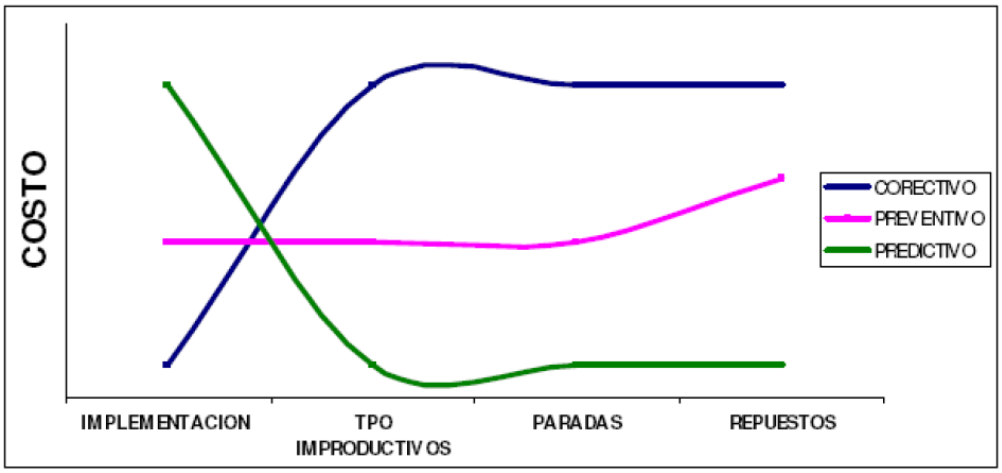


Figura 1 Comparación de costos de mantenimiento *(VALDIVIESO, 2010)*

2.1.6. Indicador

Un indicador es una herramienta para la medición o comportamiento de un proceso con el cual se puede evidenciar cambios y progresos; son variables de un proceso que a partir de fórmulas permiten el análisis objetivo de un comportamiento de datos.

El indicador debe ser definido de forma clara y precisa, evitando ambigüedad en sus resultados y se clasifican de la siguiente forma:

- Indicadores de Producto: monitoreo de cantidades y/o clase de actividades.
- Indicadores de gestión: Permite el monitoreo de la cuantificación de los recursos para estrategias
- Indicadores de resultado: monitoreo de implementación de estrategias y/o actividades realizadas.

Para poder formular un indicador funcional se debe tener en cuenta la incidencia de los datos recopilados y como a partir de ellos se puede realizar una toma de decisiones sobre un proceso. Teniendo en cuenta lo anterior se recomienda tener al menos un indicador por proceso y uno por actividad. (ONU Mujeres, 2010)

Las características principales de un indicador son:

- Preciso
- Confiable
- Relevante
- Económico
- Medible
- Adecuado

2.1.7. Formulación de Indicadores:

Para realizar la correcta formulación de un indicador el Departamento Administrativo de la Función Pública indica realizar el siguiente procedimiento (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2009):

1) Identificación del objetivo o proceso que se desea medir.
2) Definición de la tipología de indicador de acuerdo con el proceso seleccionado
3) Definición del indicador (Formulas y variables)
4) Selección del indicador claro, adecuado y medible.
5) Elaboración de la hoja de vida del indicador con información de identificador

2.1.8. Cuadro de mando integral (CMI)

El cuadro de mando integral es un modelo de gestión que permite enlazar estrategias con indicadores y planes de acción asociados alineando el comportamiento de los miembros de la organización con la estrategia de la empresa (Paez, 2012).

Dentro del cuadro de mando integral se consideran las siguientes áreas:

1) Financiera: ¿Cómo nos vemos a los ojos de los accionistas?
2) Desarrollo y Aprendizaje: ¿Podemos continuar mejorando y creando valor?
3) Procesos: ¿En qué debemos sobresalir?
4) Clientes: ¿Cómo nos ven los clientes?

Ilustración 2 Áreas contempladas en el CMI *(Paez, 2012)*

2.1.9. Costo por Kilometro (CPK)

En la industria de Gestión de flotas el parámetro de costo por kilómetro permite generar un seguimiento y control de los verdaderos gastos que se generan en cada trayecto de un vehículo, asociando gastos directos e indirectos como repuestos, combustible y mantenimiento entre otros con el fin de reducir costos operativos evaluando el desempeño de cada producto para una mayor rentabilidad de la empresa (NOVATRANS, s.f.).

Para poder llegar a un costo por kilómetro total de un elemento, se debe realizar la suma de la inversión y dividirlo entre la suma total de Kilómetros recorridos durante toda su vida útil.

Figura 2 Calculo de costo por kilometro *(GOODYEAR, s.f.)*

2.1.10. Matriz de probabilidad de impacto

En la gestión empresarial se realiza evaluación de los riesgos y problemas que pueden llegar a ocurrir en una empresa esto con el fin de tomar medidas preventivas y mitigar su ocurrencia en el tiempo.

La matriz de probabilidad e impacto establece prioridades a la hora de evaluar riesgos e implementa soluciones ante acontecimientos que pueden ocurrir en una empresa o proyecto (Gonzales, 2020).

		Probabilidad		
		Improbable	Posible	Probable
Impacto	Crítico			
	Moderado			
	Despreciable			

Tabla 2 Matriz de probabilidad e impacto (Gonzales, 2020)

Posterior a la evaluación de la matriz de riesgos se escogen las combinaciones más problemáticas y con mayor impacto de probabilidad para realizan acciones preventivas que ayuden a mitigar cada uno de los riesgos.

2.1.11. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica que permite la organización de elementos de mayor a menor de izquierda a derecha respectivamente en una gráfica de barras donde se prioriza los porcentajes de incurrencia de algún ítem con el fin de poder realizar una toma de decisiones (Souza, 2019).

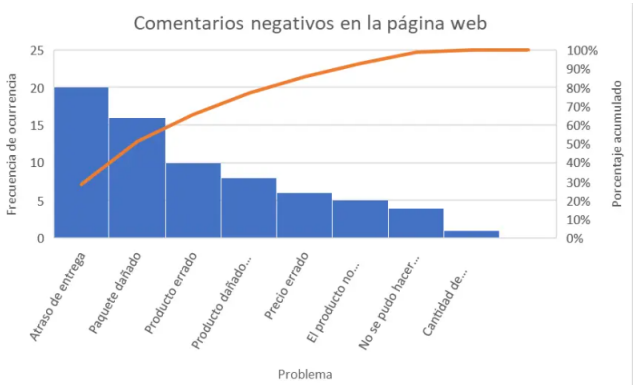


Figura 3 Ejemplo de diagrama de Pareto (Souza, 2019)

Los diagramas de Pareto representan la regla del 80/20 que indica que el 80% de las consecuencias son debido al 20% de las causas.

Para mantenimiento se realiza un análisis de causalidad a través de diagramas de Pareto de las fallas presentadas vs frecuencia de ocurrencia.

2.1.12. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o espina de pescado es un diagrama que identifica un problema y correlaciona todas las variables asociadas a la problemática o ejecución del proceso y se formula para encontrar la/las causa(s) de un problema en general en una organización o empresa.

Para realizar un diagrama es necesario tener los siguientes elementos (Rodriguez J. , 2022):

1) Cabeza: Emerge de la espina central y en esta parte se representan los problemas.
2) Espinas: Salientes de la espina central. Pueden existir muchas o pocas espinas, dependiendo de las posibles causas que estén provocando el problema en cuestión.
3) Espinas menores: Las espinas grandes también incluyen espinas más pequeñas, con las que se determinan las causas menores.

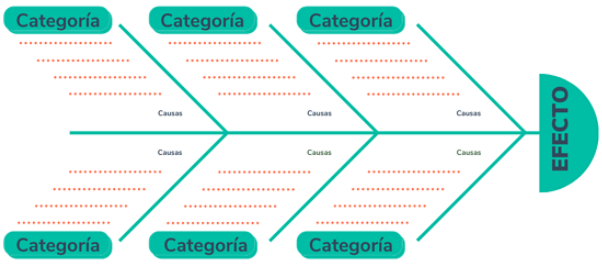


Ilustración 3 Ejemplo de diagrama de Ishikawa (Rodriguez J. , 2022)

2.1.13. Análisis causa raíz

El análisis causa raíz es una herramienta de ingeniería que permite hallar la falla de un posible sistema y resolverlo, a través de metodologías o técnicas que permitan identificar una tendencia teniendo en cuenta causa y efecto de diferentes escenarios que ocasionen el problema genera (SITIO BIG DATA, 2019)

2.1.14. Bitácora de Mantenimiento

Documento donde mantenimiento diariamente actualiza el estado actual del patio, la cantidad de buses inoperativos, sus estados actuales con trabajos y días de inoperatividad

2.1.15. Identificación de los Buses

Para poder identificar la flota en estudio, cada bus tiene asignado una codificación alfanumérica interna según tipología y tipo de operación; este número interno va asociado a la placa y es identificado de la siguiente forma:

Letra indicadora de Servicio integrado de transporte público (SITP): “Z”

Letra indicadora de Servicio de alimentación de Transmilenio: “No”

Numero indicador de tipo de operación zonal: “10”

Numero indicador de tipo de operación complementaria: “12”

Numero indicador de tipología: Para padrón número indicador “7”

Consecutivo del móvil: tres números asociados a un bus especifico

Para poder identificar un numero interno de un bus es necesario unir la letra indicadora de Servicio integrado de transporte público (SITP) con un Numero indicador de tipo de operación con su respectiva tipología separa por un guion y finalmente, asociado al consecutivo del móvil de la siguiente forma:

Z12-7001 ➔ bus SITP tipo padrón en ruta complementaria #001

Z10-7002 ➔ bus SITP en ruta zonal #002

No 003 ➔ bus en ruta alimentadora #003

Ilustración 4 Numero identificativos buses Z107209 Y Z127039

2.1.16. Consumo de aceite de Motor Cummins ISB 6.7

Cummins en su boletín de servicio numero **5464443** indica lo siguiente para consumos y límites de aceite para motores:

El consumo de aceite lubricante excesivo se define como la adición de aceite lubricante al cárter en un índice inaceptablemente alto.

Tabla 1, Utilización de Aceite lubricante Aceptable - Cualquier Momento Durante el Periodo de Cobertura

Familia del Motor	Millas Por Cuarto	Millas por Litro	Millas por Cuarto Imperial	KM Por Cuarto de Galón	KM Por Litro	KM Por Cuarto Imperial	Hr Por Cuarto	Hr Por Litro	Hr Por Cuarto Imperial
Serie A							10	10.6	12
B3.3/4B	400	425	475	650	675	775	10	10.6	12
ISF	400	425	475	650	675	775	10	10.6	12
ISV	400	425	475	650	675	775	10	10.6	12
6B/ISB/QSB	400	425	475	650	675	775	10	10.6	12
6C/ISC/QSC/ISL	400	425	475	650	675	775	10	10.6	12
V/VT-378	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
V/VT-504	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
VT-555	250	265	310	400	425	485	4	4.3	4.8
L10	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
M11/ISM	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
ISG11	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
ISG/QSG12	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4
N14/NT	500	530	620	800	850	970	7	7.4	8.4

Ilustración 5 Consumo de Aceite Lubricante y Límites Aceptables motores Cummins (Cummins, 2011)

Para los buses Blue Bird que poseen un motor ISB 6.7 su consumo regular es de 650 km por ¼ de galón.

Cummins en el Procedimiento 018-017 en la Sección V indica lo siguiente para un motor Cummins 6.7:

Capacidad de Aceite del Motor Estándar (seis cilindros) Motores de 6.7 litros [409 C.I.D] (Cárter de Aceite Estándar)	
Sólo el cárter	14.2 litros [15.0 qt]
Sistema Total	16.7 litros [17.6 qt]
Alta a Baja (en la bayoneta)	1.9 litros [2.0 qt]

Ilustración 6 Especificaciones Sistema de Aceite Lubricante motor 6.7 litros (Cummins, 2011)

2.1.17. Sensores e Interruptores a Cargo del OEM

Son aquellos sensores que están a cargo del ensamblador original de la máquina, es decir, sensores complementarios de todos los sistemas complementarios que puedan ser cuantificados, dentro de los sensores en el bus Blue Bird se tienen algunos como los siguientes:

a) Sensor 1 y 2 de posición del pedal
b) Conector de herramienta de servicio
c) Tacómetro
d) Tacógrafo
e) Interruptor 1 y 2 de selector de freno del motor
f) Interruptor del freno del motor
g) Interruptor de control de crucero
h) Interruptor de posición del pedal de embrague
i) Interruptor de posición de freno de servicio
j) Interruptor de presión de aire acondicionado
k) Interruptor de control de ventilador
l) Sensor de nivel de refrigerante
m) Sensor de nivel del tanque de fluido de escape Diesel postratamiento
n) Interruptor de llave
o) Sensor de temperatura de aire

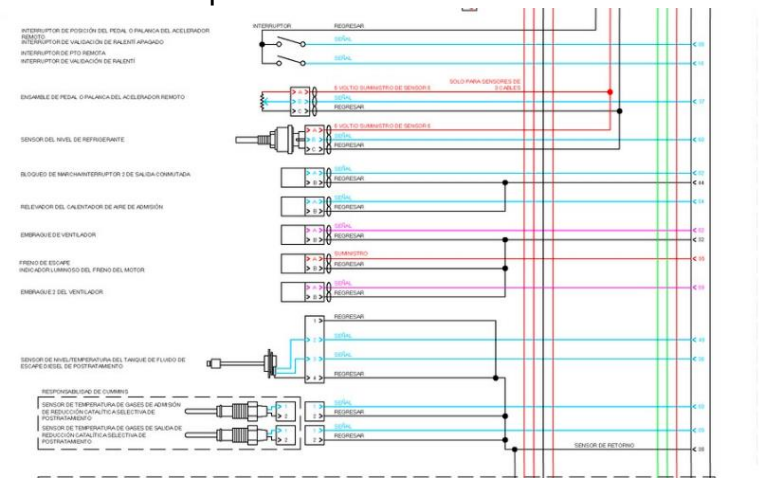


Ilustración 7: Parte de diagrama de cableado de sensores e interruptores a cargo del OEM (Cummins , 2022)

2.1.18. Sensores a Cargo de Cummins

Sensores que permiten la lectura y diagnóstico del motor Cummins tales como:

a) Sensor de posición de cigüeñal
b) Sensor de presión de riel de combustible
c) Sensor de temperatura y presión del múltiple de admisión
d) Sensor de presión barométrica
e) Sensor de presión de aceite
f) Interruptor de presión de aceite
g) Sensor de nivel de aceite
h) Sensor de temperatura de refrigerante del motor
i) Sensor de agua en el combustible
j) Actuador de la bomba de combustible
k) Batería de respaldo del reloj de tiempo real
l) Controlador de solenoide de inyectores 1,2,3,4,5,6

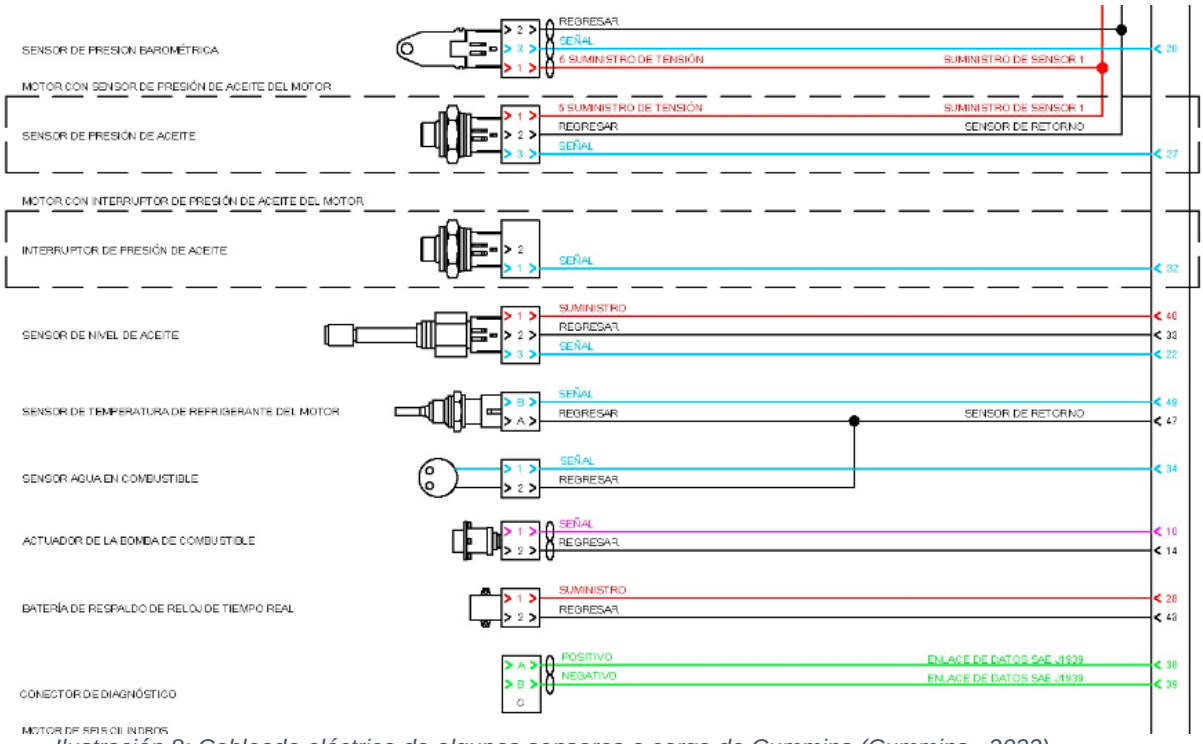


Ilustración 8: Cableado eléctrico de algunos sensores a cargo de Cummins (Cummins , 2022)

2.2. ESTADO DEL ARTE

La palabra mantenimiento nace en la Industria alrededor de los años 1950 con un concepto sencillo de reparar y arreglar los equipos para seguir con la producción normal.

2.2.1. Plan de mantenimiento para Equipos Críticos en la Empresa Reyes S.R.L.

En la actualidad se desarrollan planes de mantenimiento basados en la confiabilidad de la maquinaria para aumentar la productividad como por ejemplo la empresa REYES S.R.L que desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para su línea de producción, tratando de encontrar los puntos más críticos que originaban averías y tenían un impacto en los costos de la empresa, se trabajó principalmente en los tornos y al final se vieron resultados en reducción de tiempos en un 97,81%, reducción de frecuencias de falla en 81,43% y un aumento en la producción de piezas con un ingreso mayor en el flujo de caja (SALAZAR, 2017).

2.2.2. Plan de Mantenimiento para Disponibilidad de Equipos en la Empresa Zanja S.R.L.

Otro ejemplo de implementación de plan de mantenimiento fue en la empresa ZANJA S.R.L que aumentó la disponibilidad de equipos realizando un levantamiento de información inicial que permitió determinar cuáles eran los equipos más críticos entre los cuales destacaron el calentador industrial, la cámara de congelación, la cámara de fermentación, el horno y lavavajilla. posterior a la implementación del plan de mantenimiento se evidencio un aumento en la disponibilidad de equipos de un 10% a 20% dentro del proyecto se realizó una inversión en análisis de sensibilidad que poseía una TIR del 29.61% a un periodo de 5 años que reduciría costos de mantenimiento y un aumento de productividad (Salazar & Giron, 2016).

2.2.3. Implementación de Plan de Mantenimiento en Equipos Biomédicos del Instituto Mexicano del Seguro Social

El Instituto mexicano del seguro social no poseía un plan de mantenimiento confiable para los equipos biomédicos esto debido al desorden y a la no digitalización a través de un software que permitiera organizar y planificar los planes de mantenimiento regular. Después de hacer un seguimiento y digitalizar oficialmente los formatos se realizó un análisis predictivo de los

equipos a partir de vibraciones mecánicas complementado con un estudio de degradación de aceites con los cuales se logró aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos (MAGALLON, 2011).

2.2.4. Implementación de un Plan de Mantenimiento para Equipos Neumáticos de uso Médico de un Hospital

Los equipos de transporte de sistema neumático de un hospital no poseían un correcto programa o plan de mantenimiento que mantuvieran y alargaran la vida útil de los equipos, además el mantenimiento de los activos de un hospital influía directamente en la vida de los pacientes y del personal médico; con lectura de manuales de mantenimiento de equipos externos y la experiencia laboral de los técnicos encargados se logró implementar un plan de mantenimiento que mejoró la disponibilidad de equipos dentro del hospital aumentado la calidad trabajo-equipo. (Moreano-Castillo & Pérez-Vega, 2020).

3. ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

Mectronics es una empresa creada en el 2004 que actualmente es dealer certificado de Blue Bird, Ayco y Cummins que cuenta con personal técnico avalado, herramientas especializadas y Repuestos Originales para el mantenimiento de los Buses Blue Bird.

Para el área de Mantenimiento Mectronics cuenta con un software de mantenimiento especializado llamado SIEF (Sistema Integrado de explotación de flota) que permite llevar un control de actividades, repuestos y hoja de vida de los buses.

El área de mantenimiento desarrolla sus actividades en el centro de operaciones del patio 191 (Calle 191 con autopista Norte) y tiene cubrimiento de personal técnico las 24 horas del día los 7 días de la semana donde se realiza actividades de mecánica, carrocería y electricidad.

Para realizar cubrimiento técnico en el patio, la empresa estipula 3 turnos de atención definidos de la siguiente forma con las siguientes actividades:

- Turno 1 (6:00 hrs -14:00 hrs): Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y presentaciones a interventoría (Transmilenio)
- Turno 2 (14:00 hrs -22:00 hrs): Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo.
- Turno 3 (22:00 hrs -6:00 hrs): Mantenimiento correctivo, Alistamiento de flota y niveles.

La planta de personal Técnico es calculada con un factor de 0.37 por bus asignado a mantenimiento y se cuenta con una empresa temporal que fomente y facilite la contratación del recurso, adicional, se cuenta con 5 jefes de mantenimiento, 1 coordinador de mantenimiento, 4 auxiliares de Mantenimiento y 1 Gerente de servicios.

Mectronics durante el día a día realiza actividades de mantenimiento correctivo, consumo de repuestos, ejecución de mantenimientos preventivos programados, presentaciones periódicas y actividades programadas o requerimientos administrativos, pero no cuenta con un seguimiento y análisis de datos sobre la información recopilada diariamente, adicionalmente los jefes de mantenimiento ordenan el turno de acuerdo a sus necesidades diarias asignando el recurso según consideren la carga del personal programado.

A partir de abril del año 2021 Mectronics crea el cargo de Analista de Mantenimiento con el enfoque principal de organizar, consolidar, realizar seguimiento y analizar la información general del área.

4. METODOLOGIA

Para responder con las necesidades actuales de la empresa, el proceso metodológico se divide en cuatro:

1) Diagnóstico: Reconocer cuales variables pueden ser medibles y formular indicadores que permitan predecir o validar el estado actual de la operación.
2) Fallas Recurrentes en los Móviles: Determinar cuáles son las fallas en los buses teniendo en cuenta lecturas de operación.
3) Durabilidad de Piezas: Teniendo en cuenta los estudios de falla y diagnósticos generales se realiza un análisis de durabilidad de piezas remanufacturadas y piezas de alta rotación en general.
4) Planes de acción y nuevas actividades de mantenimiento (Equipo de trabajo de mantenimiento Mectronics): Posterior a toda la recopilación de datos, se realiza exposición a las directivas de Mantenimiento y Mectronics con el fin de tomar decisiones y generar planes de acción para la mejora del proceso teniendo en cuenta el resultado de los datos previamente expuestos.

4.1. DIAGNOSTICO

4.1.1. Reconocimiento de Necesidades de Medición

Para poder realizar y formular un indicador de los procesos dentro de la empresa es necesario identificar que variables pueden ser medibles.

4.1.2. Formulación de Indicadores

Después de identificar las variables se realiza una formulación de ecuaciones que permita diseñar, graficar y analizar las variables en indicadores según las necesidades en tablas de Excel.

4.1.3. Consolidado y Retroalimentación

Después de consolidar un modelo eficiente de indicadores, se realiza un análisis y retroalimentación para la toma de decisiones.

4.1.4. Análisis por Causalidad

Se determinan causales asociadas al comportamiento de los indicadores a través de un diagrama de espina de pescado.

4.2. FALLAS RECURRENTES EN LOS MOVILES

4.2.1. Identificación del Estudio

El estudio que se desea realizar consiste en un estudio de fallas recurrentes que toma la lectura de datos del módulo de control electrónico instalado en los buses.

4.2.2. Muestra de Estudio

Se realiza la toma de una muestra de buses para extraer un histórico de información de fallas del módulo de control electrónico (ECM) en el cual se registran datos de operación a través de sensores distribuidos en todo el bus.

4.2.3. Reconocimiento de Equipos

Se realiza un reconocimiento de la distribución de sensores a través del bus con su nombre y función, tipo de motor y troubleshooting asociado.

4.2.4. Reconocimiento de Herramienta de Diagnóstico

Se realiza una introducción a la herramienta de diagnóstico INSITE y alcance de esta con el fin de determinar tipo de conexión, interfaz y tipos de lectura

4.2.5. Diagnóstico y Análisis de Resultados de Fallas

A partir de un tipo de análisis causa raíz se determina las causas y consecuencias de fallas recurrentes lo que permite tomar acciones para mejorar la operatividad de la flota.

4.3. DURABILIDAD DE PIEZAS

4.3.1. Re-manufacturación de Repuestos

Qué tipo de repuestos se remanufacturan en la empresa y generan un costo elevado de consumo.

4.3.2. Costo-Beneficio Repuestos Nuevos vs Remanufacturados

De los repuestos se realiza un análisis comparativo de costo/kilómetro de pieza nueva vs pieza remanufacturada en caso de poder realizarlo.

4.3.3. Durabilidad de Piezas de Alta Rotación

Para las piezas que poseen una alta rotación dentro del inventario diario que no tengan una Re-manufacturación se realiza un análisis de durabilidad por kilometro

4.3.4. Formalización y Actualización de Base de Datos de Durabilidad de Piezas

Posterior a los estudios realizados se crea y formaliza una base de datos de durabilidad de piezas para el estudio y manejo del personal.

4.4. PLANES DE ACCIÓN Y NUEVAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO MECTRONICS)

4.4.1. Cuadro de mando integral de mantenimiento

Posterior a la presentación de los datos analizados, se realiza un cuadro de mando integral para mantenimiento con jefes y directivos concretando y definiendo planes de acción y actividades que se deben realizar para el año 2022.

4.4.2. Actividades y cambios al proceso de mantenimiento

Posterior a evaluar los resultados de cada estudio y definir actividades a desarrollar a través del cuadro de mando integral, la empresa realiza y toma decisión sobre algunas de las actividades propuestas al proceso de mantenimiento.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. DIAGNÓSTICO

5.1.1. Reconocimiento de Necesidades de Medición

La empresa actualmente no posee indicadores de mantenimiento que permitan medir los procesos realizados, según las necesidades se llega a un acuerdo de recopilación de información que permita medir las siguientes variables:

- Disponibilidad de Flota Diaria (buses), se define como la cantidad de buses operativos durante el día.
- Ejecución de Mantenimiento Preventivos (cantidades), se define como el porcentaje de cumplimiento de ejecución de mantenimiento preventivos programados por día.
- Caracterización de Varadas (causas de varadas), se define como la cantidad de varados por día clasificados por sistema y bus.
- Alistamiento Nocturno (cantidades), se define como la cantidad de buses que son alistados durante el turno de la noche para salida de flota
- Varadas vs Alistamiento Nocturno (cantidades), se define como la cantidad de buses que presentan una novedad o varada durante el día y que han sido alistados la noche anterior.

5.1.2. Formulación de Indicadores

a) Porcentaje de la Flota Diaria Disponible:

$$\frac{Flota\ total\ a\ cargo\ de\ mantenimiento - inoperativos\ del\ dia}{Flota\ total\ a\ cargo\ de\ mantenimiento} * 100 \quad (1)$$

b) Cantidad de la Flota Diaria Disponible:

$$lota\ total\ a\ cargo\ de\ mantenimiento - inoperativos\ del\ dia \quad (2)$$

c) Ejecución de Mantenimiento Preventivos: Para definir la cantidad de mantenimiento preventivos ejecutados se debe realizar un seguimiento de las ordenes de trabajo ejecutadas de la programación del día.

$$\frac{cantidad\ de\ mantenimientos\ preventivos\ ejecutados}{cantidad\ de\ mantenimiento\ preventivos\ programados} * 100 \quad (3)$$

d) Caracterización de Varadas: Para definir la cantidad de varadas por sistema, es necesario tener una base de datos con número de móvil, fecha y clasificación de novedad para crear una tendencia de cada falla con respecto al tiempo.

e) Alistamiento Nocturno: Para definir la cantidad de buses inspeccionados en el alistamiento nocturno se debe realizar un levantamiento de órdenes de trabajo por día, con la clasificación de la actividad mencionada.

$$\frac{cantidad\ de\ buses\ alistados\ por\ dia}{flota\ total\ a\ cargo\ de\ mantenimiento} * 100 \quad (4)$$

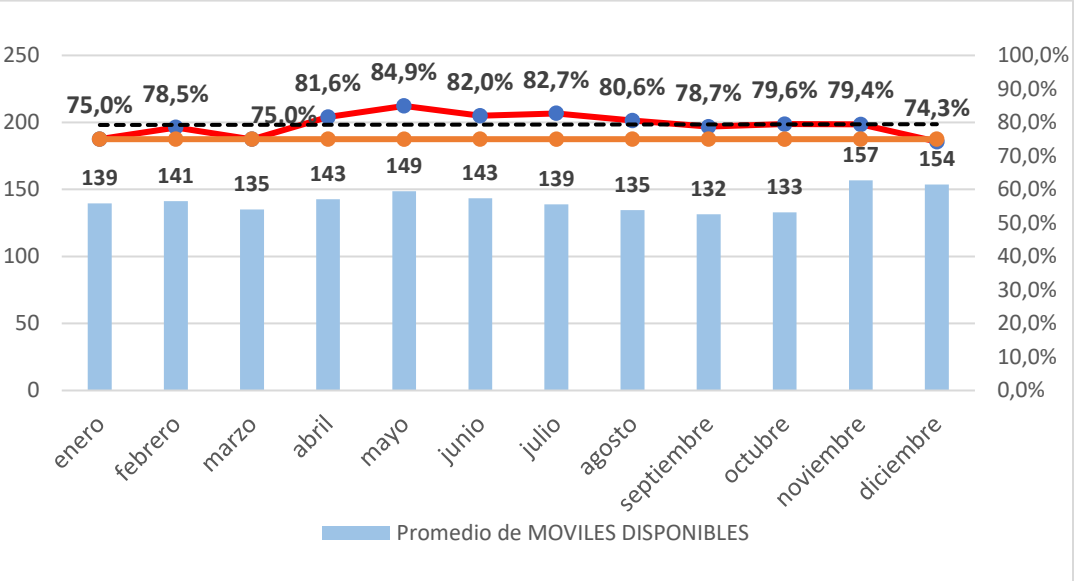
f) Varadas vs Alistamiento Nocturno: Para definir la cantidad de buses varados que han presentado un alistamiento nocturno se debe hacer un cruce de información entre las varadas del día y el alistamiento nocturno del día anterior, dando por resultado móviles implícitos en ambas actividades; para el cálculo del porcentaje de varados vs alistamiento nocturno se propone la siguiente ecuación:

$$\frac{cantidad\ de\ buses\ varados\ alistados\ por\ dia}{cantidad\ de\ buses\ varados\ por\ dia} * 100 \quad (5)$$

5.1.3. Consolidado y Retroalimentación

a) Disponibilidad de flota: Después de consolidar la información de las bitácoras de mantenimiento del año 2021 y realizar la ecuación planteada en el numeral 1 y 2, clasificado por meses y con numero promedio de móviles disponibles por mes (Figura 4).

Figura 4. Indicador de Disponibilidad de Flota Año 2021

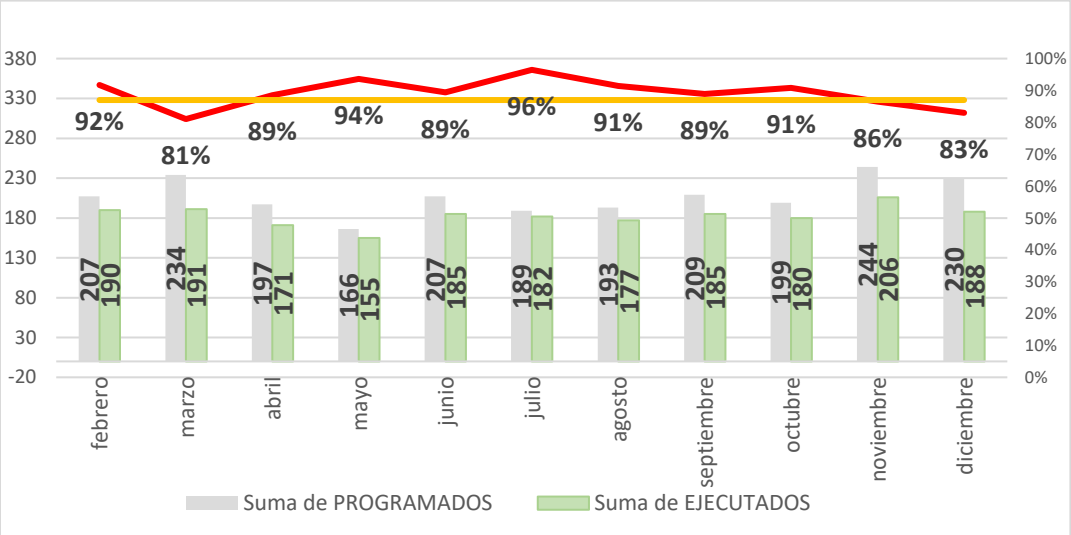


Fuente: (Mectronics, 2021)
Elaboración Propia

Durante el primer semestre del año 2021, se observa una tendencia a la mejora partiendo de un 75% hasta un 84%, posteriormente, la operación se ve afectada por los conflictos de orden social que se estaban presentando en la ciudad de Bogotá, lo cual, originó ausentismos en el personal, sumadas a las renuncias por migración a otras empresas nuevas dentro del sistema, escasez de repuestos y traslado de flota de otros centros de operación, por lo cual, se cierra el año con un 74% de disponibilidad.

b) Ejecución de mantenimientos preventivos: Después de consolidar la información de los mantenimientos preventivos de todo el año 2021 y realizar las ecuaciones planteadas en el numeral 3, clasificado por meses y con las cantidades de mantenimiento preventivos programados y ejecutados se obtiene la Figura 5.

Figura 5. Indicador de Ejecución de Mantenimientos Preventivos Año 2021



Fuente: (Mectronics, 2021)
Elaboración propia

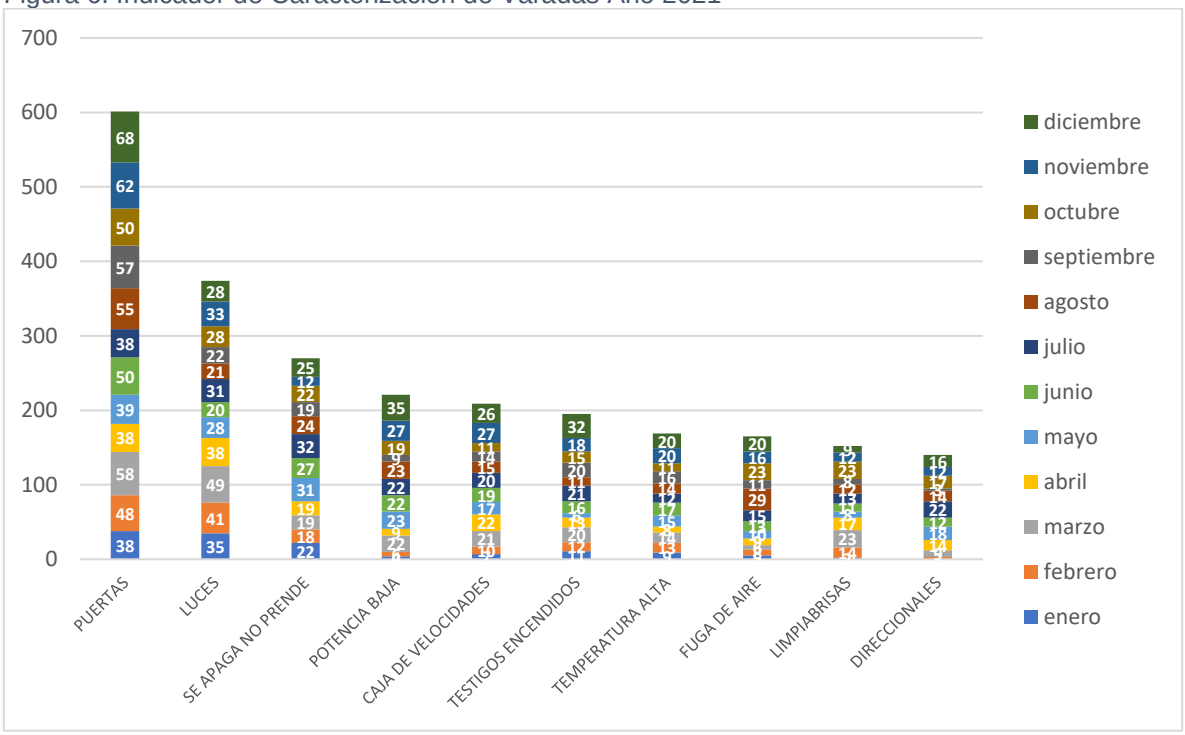
Para el año 2021, el porcentaje de ejecución de mantenimiento preventivos se mantuvo entre el 85% y el 90%. El no cumplimiento de la meta establecida se presentó por algunas de las siguientes razones:

1) Falta de personal técnico
2) Alta inoperatividad de la flota referente
3) Buses no ingresan por necesidades de operación

Los buses que no son ejecutados en la primera programación son reprogramados al día siguiente para su ejecución.

c) Caracterización de Varadas: Después de consolidar la información de las varadas del año 2021 y realizar su clasificación y distribución por meses y con las cantidades por sistema se obtiene la Figura 6.

Figura 6. Indicador de Caracterización de Varadas Año 2021



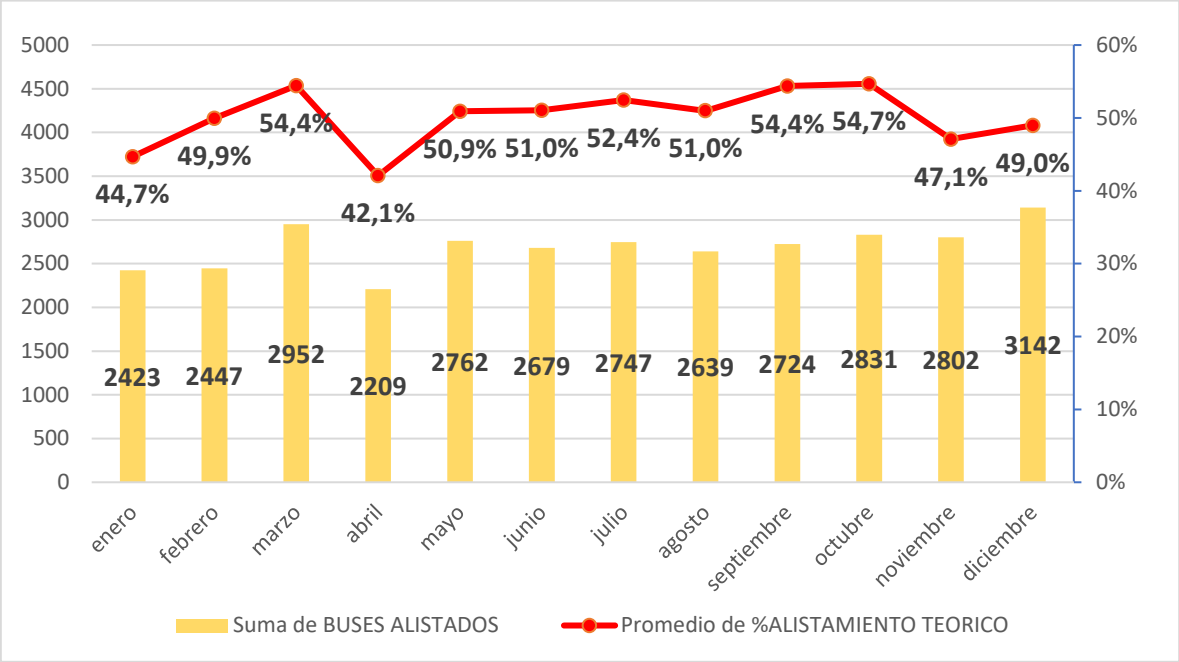
Fuente: (Consorcio Express, 2021)
Elaboración propia

Los motivos de varadas que afectaron más críticamente la operación fueron:

1) Sistema de Puertas
2) Sistema de Luces
3) Se apaga y no prende
4) Potencia baja
5) Caja de Velocidades

d) Alistamiento Nocturno: Después de consolidar la información del alistamiento nocturno del año 2021 y una vez realizado las ecuaciones matematicas planteadas en el numeral 4, clasificado por meses y con las cantidades de buses alistados por noche, se obtiene la Figura 7.

Figura 7. Indicador de Alistamiento Nocturno Año 2021

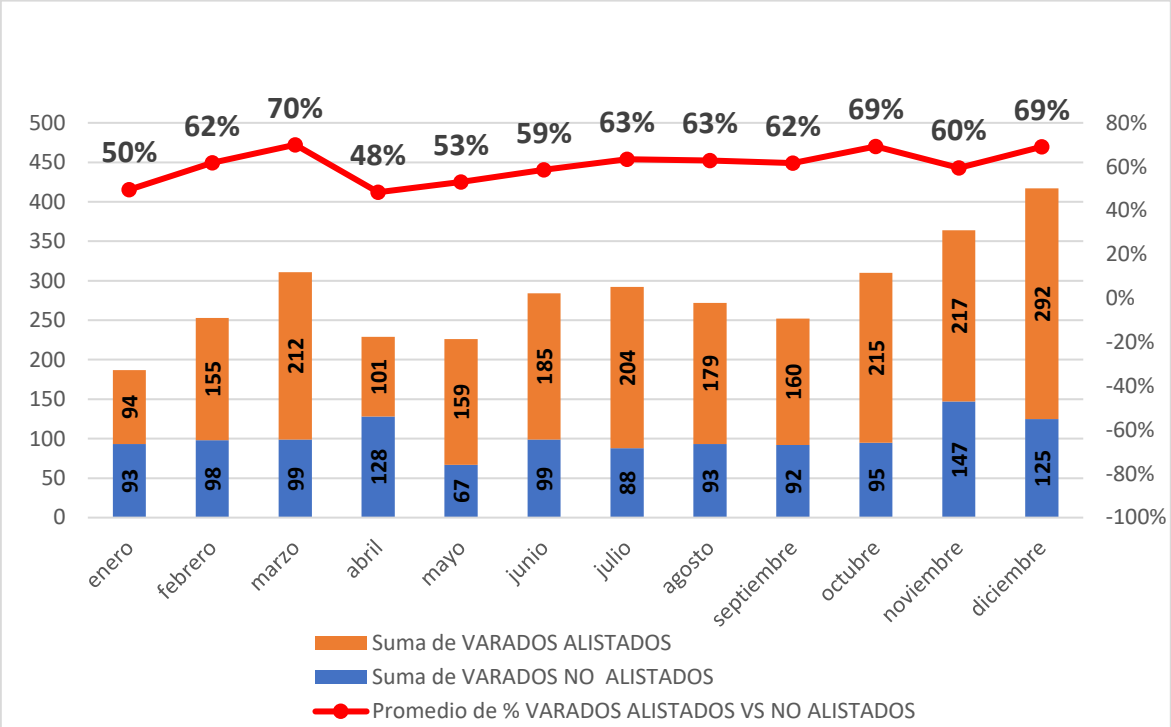


Fuente: (Mectronics; sief 2.0, 2022)
Elaboración Propia

Se evidencia que, durante el año 2021 se logran alistar en promedio, entre el 45% y el 55% de la flota, un número muy bajo para los requerimientos diarios, esto debido a la falta de asignación de personal para las actividades requeridas.

e) Varadas vs Alistamiento nocturno: Después de consolidar la información de alistamiento nocturno y de varadas del año 2021, se realiza un cruce de información para las novedades, para posteriormente aplicar las ecuaciones matemáticas planteadas en el numeral 5, clasificado por meses y con las cantidades de buses varados del día alistados la noche anterior, obteniendo la Figura 8

Figura 8. Indicador de Varadas Vs Alistamiento Nocturno Año 2021



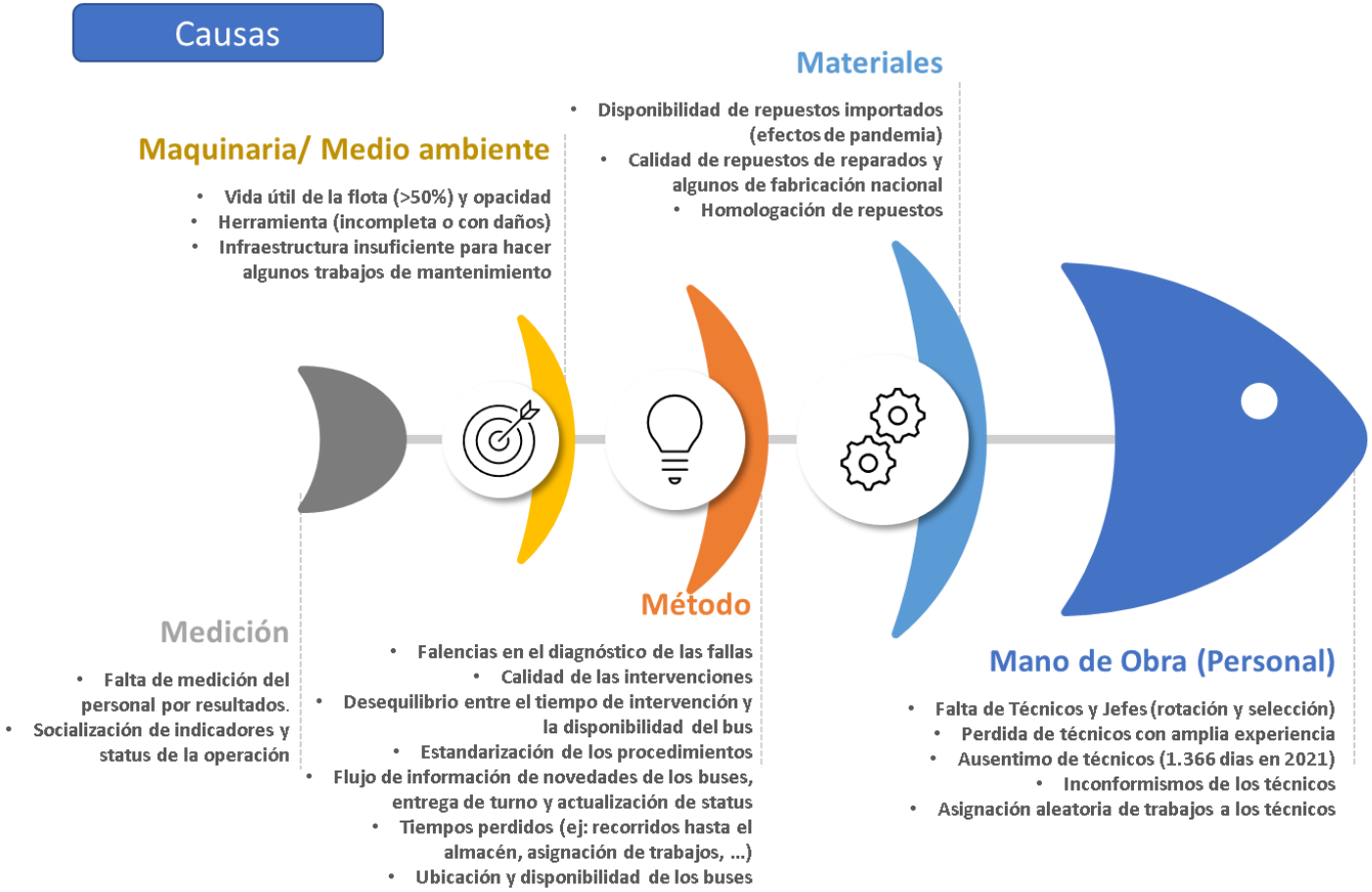
Fuente: (Consorcio Express, 2021) (Mectronics; sief 2.0, 2022)
Elaboración Propia

Durante el año 2021, se evidencia que entre el 50% y el 70% de la flota varada por mes ha sido alistada la noche, un numero demasiado elevado que aumento durante los últimos meses debido a los cambios de operación, pero que denota un error en la ejecución de alistamientos nocturnos.

5.1.4. Análisis por Causalidad

Posterior a consolidar los indicadores y evidenciar las correlaciones entre ellos, se realiza un diagrama de “Ishikawa” que permita generar un análisis general del estatus de la empresa y sus causas.

Figura 9. Diagrama de Ishikawa Patio 191 Año 2021



Retos

DPV
Primer semestre 6.496 Km
Segundo semestre 5.562 Km (prom. 140/mes)
Esperado 10.000 Km (máx. 72 varadas /mes)

Disponibilidad de flota
(Promedio 78%, esperado 85%)

Fallas reiterativas
- Puertas
- Luces
- Apaga y no prende
- Pérdida de potencia

Alistamiento
- Se alistan máx 100 buses (75% de la flota que sale a operar)
- 6% de los buses que se alistan se varan (aprox. 150 novedades/mes)

Confiabilidad del mantenimiento preventivo
- El 54% (38 buses) se vara antes del siguiente mantenimiento preventivo de 10K
- El 24% (17 buses) de las varadas se pudieron haber evitado

Fuente: (Niño, Pardo, & Rodriguez, Diagrama de espina de pescado, 2021)

5.2. FALLAS RECURRENTES EN LOS BUSES

5.2.1. Identificación del estudio

El estudio de fallas recurrentes consiste en tomar cada bus, realizar una conexión y generar una transformación de datos del módulo de control electrónico a través de la interfaz (INLINE) al software de diagnóstico (INSITE) identificando y extrayendo los códigos de falla que presenta individualmente cada bus para así generar una base de datos y un análisis correspondiente.

5.2.2. Muestra de estudio

Para generar un base de datos, se toma una muestra de la flota total actual de 44 carros (25% flota total) identificados con el siguiente serial:

#	# identificativo	#	# identificativo	#	# identificativo	#	# identificativo
1	Z107040	**12**	Z107009	**23**	Z107094	**34**	Z107105
2	Z107105	**13**	Z107032	**24**	Z107075	**35**	Z127035
3	Z127009	**14**	Z107118	**25**	Z107223	**36**	Z107098
4	Z107311	**15**	Z107228	**26**	Z107054	**37**	Z107045
5	D0922	**16**	Z107238	**27**	Z127015	**38**	Z107007
6	Z107083	**17**	Z127010	**28**	Z127004	**39**	Z107089
7	Z107217	**18**	Z107306	**29**	Z127039	**40**	Z127012
8	Z107074	**19**	Z127000	**30**	Z107117	**41**	Z127036
9	Z107229	**20**	Z107068	**31**	Z127044	**42**	Z107070
10	Z107067	**21**	N0898	**32**	Z127020	**43**	Z127013
11	Z127011	**22**	Z107061	**33**	Z107113	**44**	Z107244

Tabla 3: Buses en estudio con su respectivo número identificativo (Consorcio Express) Elaboración propia

5.2.3. Reconocimiento de equipos

El motor equipado en el bus Blue Bird tipo padrón referencia Y3FE es un motor Cummins ISB 6.7 y se puede identificar en una placa de datos disponible en la plataforma global de Cummins a partir del serial identificativo de cada motor.

Product/Engine/System Dataplate - (Original) VIN: 1BDYNCPA8EF299355		
Nombre de modelo de marketing	**Nombre del modelo de servicio**	**EPA Nombre de modelo**
ISB6.7E5225B	ISB/ISD6.7 CM2150 SN	EURO5
Pedido a tienda	**Planta de construcción**	**Fecha de construcción**
SO37246	CNS - CONSOLIDATED DIESEL CO.	05 Mar 2013
Fecha de inicio de la garantía	**Código de ECM**	**N.º de pieza de bomba de combustible**
21 May 2013	CJ90030	4983416
Calibración de bomba de combustible	**Marketing Engine Configuration #**	**Technical Engine Configuration #**
No disponible	D313023BU34	D313023BX03
N.º CPL	**Número de cliente**	**Nombre de cliente**
3066	1123	EATON TRUCKING

Ilustración 9: Placa identificativa de motor del bus Z107005 (Cummins , 2022)

Los sensores del bus están clasificados en dos grupos:

1) Sensores a cargo del OEM
2) Sensores a cargo Cummins

El fabricante proporciona el diagrama de cableado eléctrico, señales, voltajes, nombres y retornos de todos los sensores asociados al bus.

Con la información anterior, se puede tener acceso y entender los Troubleshooting asociados a este tipo de motor con sus respectivos sensores.

5.2.4. Reconocimiento de herramienta de diagnóstico

La herramienta de diagnóstico para este proceso de lectura y toma de datos del módulo de control es el Software INSITE, un programa especializado para el diagnóstico y lectura de los motores fabricados por Cummins; El módulo ECM almacena y procesa la información suministrada por los sensores del bus al momento de su operación los cuales para poder ser proyectados y leídos por el software deben de ser traducidos a través de una interfaz llamada INLINE.

Posterior a la correcta conexión entre el módulo y el software el usuario debe poder reconocer características, parámetros y fallas que permitan el correcto diagnóstico de las novedades presentadas en la operación del vehículo.

Dentro del programa se encuentra lo siguientes módulos importantes para el diagnóstico de fallas:

1) Códigos de falla: Identifica comportamientos anormales de operación con una criticidad, un código de falla asociado y un numero de repeticiones.
2) Características y Parámetros: En este módulo se identifican los parámetros básicos con los cuales el motor está configurado además de las características de medida de elementos mecánicos
3) Data monitor: Modulo que permite hacer lectura, trazabilidad y medición de los datos suministrado por los sensores incorporados en bus en tiempo real.
4) Datos avanzados del ECM: Este módulo permite identificar parámetros predeterminados del motor como tiempo real, protecciones del motor, monitor del ciclo de servicio (torque vs rpm) e historial de abuso del motor
5) Pruebas diagnósticas del motor: Este módulo permite al usuario realizar pruebas al motor para validar el funcionamiento de un sistema o componente, los test disponibles son corte de cilindros, fuga del sistema de combustible, prueba de click del sistema postratamiento entre otros.
6) Selección de calibración: Este módulo permite realizar la calibración general del módulo según su tipo y uso a través de una parametrización general según fabrica.
7) Ordenes de trabajo: Este módulo permite al usuario realizar una copia de los datos actuales del motor incluyendo códigos de falla, abuso del motor y datos generales para estudio o seguimiento del móvil.

5.2.5. Diagnóstico y análisis de resultados de fallas

Se procede a realizar una lectura de los códigos de falla dentro de los 43 buses implícitos en el estudio identificando el serial, descripción de la falla, efecto de la falla sobre el bus y con su respectivo impacto de la siguiente forma:

	NUMERO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	EFECTO DE LA FALLA	IMPACTO	ACTIVIDAD	COLOR
Z107223	3548	Pérdida de Cebado de la Unidad de Dosificación del Fluido de Escape Diesel de Postratamiento - La Condición Existe. La unidad de dosificación no puede cebarse.	La inyección de fluido de escape diesel al sistema de postratamiento está desactivada.	BAJO	ACTIVO	AMBAR
	319	Interrupción de Energía del Reloj de Tiempo Real - Datos Erráticos, Intermitentes o Incorrectos. El reloj de tiempo real perdió la energía.	Ninguno en desempeño. Los datos en el ECM **no** tendrán información exacta de tiempo y fecha.	SIN IMPACTO	ACTIVO	NONE
	1117	Suministro de Energía Perdido Con Conexión del Encendido - Dato Errático, Intermitente, o Incorrecto El voltaje de alimentación al ECM cayó momentáneamente por debajo de 6.2 VCD, o al ECM **no** se le permitió desenergizarse correctamente	Posiblemente ningún efecto notable en el desempeño, o motor matándose o con arranque difícil. La información del código de falla, información de viaje y los datos del monitor de mantenimiento pueden ser inexactos.	ALTO	INACTIVO	NONE
	2448	Nivel del Refrigerante - Dato Válido pero Por Debajo del Rango Normal de Operación - Nivel Menos Severo. Bajo nivel de refrigerante del motor detectado.	Ninguno en desempeño.	SIN IMPACTO	INACTIVO	NONE

Tabla 4: Lectura de códigos de falla del bus Z107223 (Cummins)

Elaboración propia

Posterior a la lectura se consolida la información de los 43 Móviles con su respectivo seguimiento de la falla:

	TOP 12 ERRORES MAS COMUNES EN LOS DIFERENTES MOVILES						
#	CODIGO	FRECUENCIA	RAZÓN	EFECTO	CHARLA DE TALLER	FRECUENCIA ACUMULADA	POCENTAJE ACUMULADO
1	319	34	Interrupción de Energía del Reloj de Tiempo Real - Dato Errático, Intermitente o Incorrecto. El reloj de tiempo real perdió energía.	Ninguno en el desempeño. Los datos en el ECM **no** tendrán información exacta de hora y fecha.	Esta falla indica que el reloj de tiempo real en el ECM perdió energía. Las causas posibles para esta falla son una batería baja o defectuosa del reloj de tiempo real, cableado o conectores dañados entre la batería y el ECM, o el motor **no** está equipado con una batería del reloj de tiempo real y la energía de la batería del vehículo al ECM se perdió	34	15%
2	1117	31	Suministro de Energía Perdido Con Conexión del Encendido - Dato Errático, Intermitente, o Incorrecto. El voltaje de alimentación al ECM cayó momentáneamente por debajo de 6.2 VCD, o al ECM **no** se le permitió desenergizarse correctamente (retiene voltaje de la batería por 30 segundos después de desconectar la llave).	Posiblemente ningún efecto notable en desempeño o paro del motor o arranque difícil. La información del código de falla, información de viaje y los datos del monitor de mantenimiento pueden ser inexactos.	Asegúrese de que la alimentación directa de batería para el ECM venga directamente de la batería y no del motor de arranque. Si la alimentación directa viene del motor de arranque, es posible que el voltaje de la batería caiga suficientemente bajo al dar marcha para que esta falla se active.Esta falla también puede ser causada por resistencia en los circuitos (+) o (-) de alimentación de batería al ECM. La resistencia en estos circuitos puede causar que el nivel de voltaje en la entrada al ECM caiga suficientemente bajo para activar el Código de Falla 1117. El uso de desconectadores de batería para apagar el motor, o de cualquier dispositivo que desconecte el voltaje de la batería hacia el ECM dentro de 10 segundos de desconectar el interruptor de llave, puede causar daño al sistema de postratamiento. El vehículo no deberá operarse con un Código de Falla 1117 activo	65	29%
3	3144	21	Sensor de Temperatura de Admisión SCR del Postratamiento - Datos Erráticos, Intermitentes o Incorrectos. El sensor de temperatura de admisión SCR **no** está cambiando con las condiciones de operación del motor.	Valor de temperatura predeterminado usado para la temperatura de admisión SCR.	Sensor de temperatura de admisión SCR pegado en rango Alta resistencia en las líneas de señal o de retorno del sensor de temperatura de admisión SCR Módulo de interconexión del sensor de temperatura del catalizador SCR del postratamiento funcionando mal	86	38%
4	428-429	20	Circuito del Sensor Indicador de Agua en el Combustible - Voltaje Por Arriba de lo Normal o en Corto con Fuente Alta. Alto voltaje detectado en el circuito de agua en el combustible.	Ninguno en el desempeño. Ninguna advertencia disponible de agua en el combustible.	Circuito de RETORNO o de SEÑAL abierto en el arnés, conectores, o sensor Cable de SEÑAL en corto con la alimentación de sensores o con el voltaje de la batería.	106	47%
5	3548	18	Pérdida de Cebado de la Unidad de Dosificación del Fluido de Escape Diesel de Postratamiento - La Condición Existe. La unidad de dosificación no puede cebarse.	La inyección de fluido de escape diesel al sistema de postratamiento está desactivada.	Bajo nivel del fluido del escape diesel del postratamiento en el tanque del fluido del escape diesel Baja presión de aire es detectada en la unidad de control de dosificación Filtro de aire en línea taponado o restringido Línea de suministro de la unidad de dosificación bloqueada, restringida, congelada, o fugando Unidad dosificadora del fluido del escape diesel chupando aire a través de líneas o conectores flojos o dañados La acumulación de cristales de DEF en la unidad dosificadora restringe el flujo del aire hacia la boquilla del postratamiento El sensor de presión interna o la válvula de elevación falla causando que falle el cebado de la unidad de dosificación del fluido del escape diesel. Esto causará que el fluido del escape diesel fluya desde la boquilla del postratamiento durante el cebado Si se detectan líneas del fluido del escape diesel bloqueadas debido a acumulación, asegúrese que la unidad dosificadora esté purgando correctamente a la desconexión de llave. Los conteos de purga incompleta pueden verse usando el menú del Monitor/Registrador de Datos, en la sección de postratamiento de la herramienta electrónica de servicio INSITE™.	124	55%

Tabla 5 Frecuencia de códigos de falla (Cummins , 2022)

Elaboración Propia

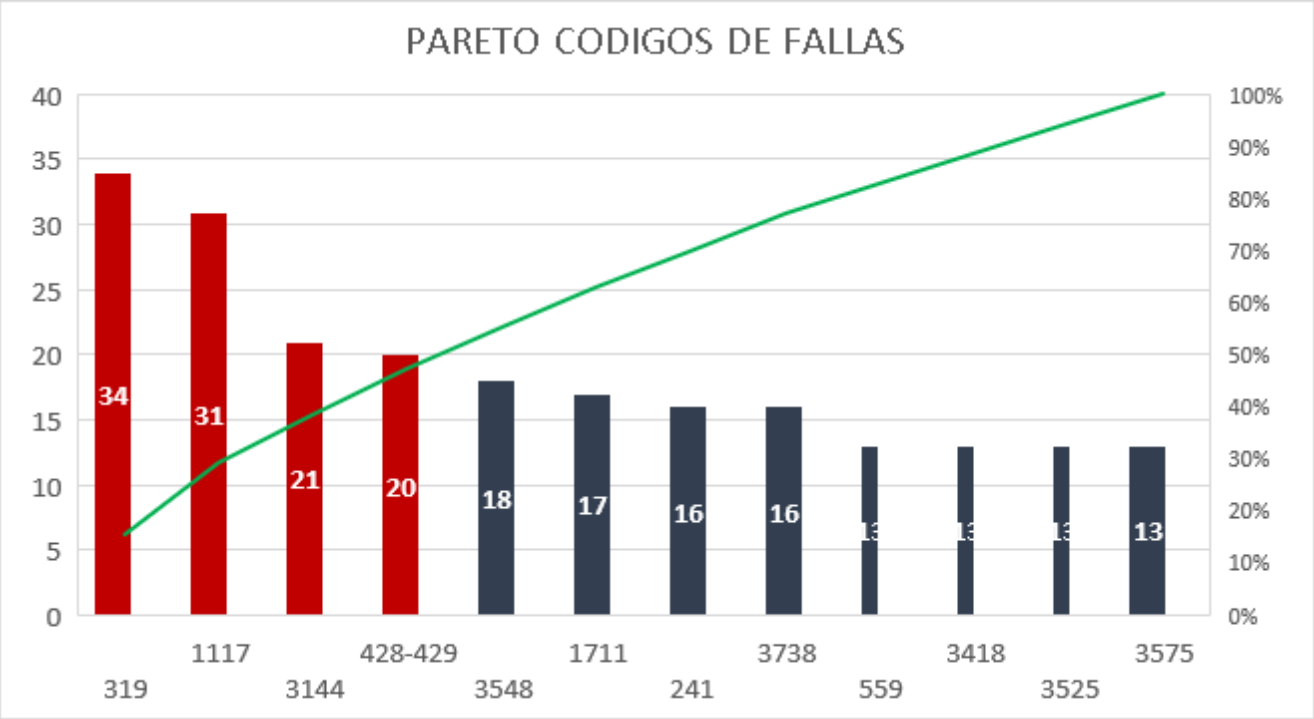
#	CODIGO	FRECUENCIA	RAZÓN	EFECTO	CHARLA DE TALLER	FRECUENCIA ACUMULADA	POCENTAJE ACUMULADO
6	1711	17	Unidad de Dosificación de Fluido de Escape Diesel de Postratamiento - Índice de Actualización Anormal. Las comunicaciones de enlace de datos entre el ECM y la unidad de dosificación del fluido de escape diesel de postratamiento han sido interrumpidas.	La inyección de fluido de escape diesel al sistema de postratamiento SCR está desactivada.	Pérdida de voltaje de la batería a la unidad de dosificación de fluido de escape diesel de postratamiento Pérdida de tierra de la batería a la unidad de dosificación de fluido de escape diesel de postratamiento Pérdida de entrada del interruptor de llave a la unidad de dosificación de fluido de escape diesel de postratamiento Cableado del enlace de datos J1939 en corto o abierto entre la unidad de dosificación de fluido de escape diesel de postratamiento y el ECM primario del motor La unidad de dosificación de fluido de escape diesel de postratamiento funciona mal	141	63%
7	241	16	Velocidad del Vehículo Basada en las Ruedas - Datos Erráticos, Intermitentes o Incorrectos. El ECM perdió la señal de velocidad del vehículo.	Velocidad del motor limitada al valor del parámetro Velocidad Máxima del Motor sin VSS. Control de Crucero, Protección en Cambio Descendente, y el Gobernador de Velocidad de Camino **no** trabajarán.	El ECM detecta una pérdida de la velocidad del vehículo cuando otras condiciones de operación indican que el vehículo podría posiblemente estar en movimiento.	157	70%
8	3738	16	Actuador del Suministro de Aire - Datos Válidos Pero Abajo de la Gama Normal de Operación - Nivel Moderadamente Grave Se ha perdido el suministro de aire o de fluido del escape diesel hacia la unidad de dosificación.	La inyección de fluido de escape diesel al sistema de reducción catalítica selectiva del postratamiento (SCR) está desactivada.	Tubo de suministro de aire del OEM dañado o con fuga Solenoide de aire funcionando mal La unidad de dosificación de fluido de escape diesel de postratamiento funciona mal	173	77%
9	559	13	Injector Metering Rail 1 Pressure - Data Valid But Below Normal Operating Range - Moderately Severe Level. The engine control module (ECM) has detected that fuel pressure is lower than commanded pressure.	Possibly hard to start or low power. Engine could possibly not start	(1) Other more precise fault codes exist (example: electrical circuit faults). (2) Isolate the low pressure system; determine if the low pressure system functions correctly. The system must first be primed. Then, it is important to note that checks of fuel gear pump pressure and inlet restriction involve using a special service tool that causes the flow rate to increase to a rated flow. Fuel gear pump pressure and/or inlet restriction can not be accurately measured without a method of increasing the flow (i.e. using the special service tool or operating the engine at full power).(3) Isolate the high-pressure system; determine if the high-pressure system has high leakage. Verify the ECM calibration is correct. Check the calibration revision history found on QuickServe™ Online for applicable fixes to the calibration stored in the ECM. If necessary, calibrate the ECM. Refer to Procedure 019-032 in Section 19.	186	83%
10	3418	13	Velocidad del Eje de Salida de la Transmisión - Datos Erróneos Recibidos por la Red. El controlador de la multiplexión J1939 ha indicado un mal funcionamiento del sensor de la velocidad del eje de salida de la transmisión.	Ninguno en desempeño.	El controlador de la multiplexión J1939 ha indicado un mal funcionamiento del sensor de la velocidad del eje de salida de la transmisión.	199	88%
11	3525	13	Velocidad del Vehículo Basada en las Llantas - Recibió Datos de Red con Error. El controlador de la multiplexión J1939 ha indicado un mal funcionamiento del sensor de la velocidad del vehículo basada en las llantas.	Velocidad del motor limitada al valor del parámetro velocidad máxima del motor sin sensor de velocidad del vehículo. Control de crucero, protección en cambio descendente, y el gobernador de velocidad de camino **no** trabajarán.	El controlador de la multiplexión J1939 ha indicado un mal funcionamiento del sensor de la velocidad del vehículo basada en las llantas.	212	94%
12	3575	13	Sensor de Presión del Fluido del Escape Diesel del Postratamiento - Datos Válidos Pero Por Arriba de la Gama Normal de Operación - Nivel Moderadamente Grave. La unidad de dosificación del fluido del escape diesel ha detectado un bloqueo en el flujo de retorno del fluido.	La inyección del fluido del escape diesel al sistema de postratamiento puede desactivarse.	Línea de retorno o conexión de la línea de retorno de la unidad de dosificación de fluido del escape diesel bloqueada, restringida, o congelada Mal funcionamiento de la unidad de dosificación del fluido del escape diesel	225	100%

*Tabla 3. Cont***.** (Cummins , 2022)

Elaboración propia

Realizando el diagrama de fallas por Pareto:

Figura 10. *Pareto códigos de falla*



Fuente: (Cummins , 2022)

Elaboración Propia

Realizando Matriz de impacto de los códigos de falla:

MATRIZ DE RIESGOS

RIESGO	Probabilidad (Ocurrencia)	Gravedad (Impacto)	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo
319 Ninguno en el desempeño. Los datos en el ECM no tendrán información exacta de hora y fecha.	5	1	5	Apreciable
1117 Posiblemente ningún efecto notable en desempeño o paro del motor o arranque difícil. La información del código de falla, información de viaje y los datos del monitor de mantenimiento pueden ser inexactos.	4	3	12	Importante
3144 Valor de temperatura predeterminado usado para la temperatura de admisión SCR.	2	1	2	Marginal
428-429 Ninguno en el desempeño. Ninguna advertencia disponible de agua en el combustible.	3	1	3	Apreciable
3548 La inyección de fluido de escape diesel al sistema de postratamiento está desactivada.	3	3	9	Importante
1711 La inyección de fluido de escape diesel al sistema de postratamiento SCR está desactivada.	3	3	9	Importante
241 Velocidad del motor limitada al valor del parámetro Velocidad Máxima del Motor sin VSS. Control de Crucero, Protección en Cambio Descendente, y el Gobernador de Velocidad de Camino no trabajarán.	1	1	1	Marginal
3738 La inyección de fluido de escape diesel al sistema de reducción catalítica selectiva del postratamiento (SCR) está desactivada.	3	3	9	Importante
559 Possibly hard to start or low power. Engine could possibly not start	1	2	2	Marginal
3418 Ninguno en desempeño.	1	1	1	Marginal
3525 Velocidad del motor limitada al valor del parámetro velocidad máxima del motor sin sensor de velocidad del vehículo. Control de crucero, protección en cambio descendente, y el gobernador de velocidad de camino no trabajarán.	1	1	1	Marginal
3575 La inyección del fluido del escape diesel al sistema de postratamiento puede desactivarse.	3	2	6	Apreciable

Tabla 6 Matriz de impacto códigos de falla (Cummins , 2022)

Elaboración Propia

LEYENDA							
			GRAVEDAD (IMPACTO)				
			MUY BAJO **1**	BAJO **2**	MEDIO **3**	ALTO **4**	MUY ALTO **5**
PROBABILIDAD	MUY ALTA	**5**	5	10	15	20	25
	ALTA	**4**	4	8	12	16	20
	MEDIA	**3**	3	6	9	12	15
	BAJA	**2**	2	4	6	8	12
	MUY BAJA	**1**	1	2	3	4	5

	Riesgo muy grave. Requiere medidas preventivas urgentes. No se debe iniciar el proyecto sin la aplicación de medidas preventivas urgentes y sin acotar sólidamente el riesgo.
	Riesgo importante. Medidas preventivas obligatorias. Se deben controlar fuertemente llas variables de riesgo durante el proyecto.
	Riesgo apreciable. Estudiar económicamente ai es posible introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo. Si no fuera posible, mantener las variables controladas.
	Riesgo marginal.Se vigilará aunque no requiere medidas preventivas de partida.

Tabla 4. Cont.

Revisando los códigos de falla del diagrama de Pareto y la matriz de impacto se determina lo siguiente:

- Gran parte de los códigos de falla 428-429, 1711, 3548, 559, 3738, 241 son asociados a la parte eléctrica del móvil.
- Los códigos 3144, 1711, 3548, 3738 y 1673 son asociados a códigos de falla del sistema post tratamiento del móvil.
- Los dos principales códigos de falla dentro del análisis de los diferentes móviles son 319 y 1117 códigos asociados a la batería.

Realizando una revisión general y análisis causal de los códigos:

- El diagrama de Pareto indica que resolviendo el 20% de los problemas principales eléctricos, se pueden llegar evitar el 80% de los efectos en el sistema postratamiento en el sistema

- El código de falla 319, que es el que más se repite, es un código que es poco relevante dentro del estudio ya que es un problema en la ECM que no presenta una batería independiente para mantener el estado de la hora constante después de cerrar el switch del móvil lo cual no permite que el ECM tenga una memoria después de su desconexión.

- El código 1117 indica que el voltaje de la batería está por debajo de lo normal, que en consecuente impide el arranque del motor, y del ECM.

  ¿Qué puede ocasionar voltaje bajo de batería en el móvil?

  Al momento de realizar apagado del motor y permitir el paso de energía del switch los dispositivos electrónicos como luces externas (estacionarias, cocuyos), luces internas y otros dispositivos permiten el consumo de energía y la descarga de baterías, ocasionando un arranque difícil del motor o no encendido correcto del ECM y/o motor.

- Como consecuencia del nivel tan bajo de batería el árbol de falla del código 1117 indica daño en el sistema de post tratamiento.

Charla del Taller

Asegúrese de que la alimentación directa de batería para el ECM venga directamente de la batería y no del motor de arranque. Si la alimentación directa viene del motor de arranque, es posible que el voltaje de la batería caiga suficientemente bajo al dar marcha para que esta falla se active.Esta falla también puede ser causada por resistencia en los circuitos (+) o (-) de alimentación de batería al ECM. La resistencia en estos circuitos puede causar que el nivel de voltaje en la entrada al ECM caiga suficientemente bajo para activar el Código de Falla 1117. El uso de desconectadores de batería para apagar el motor, o de cualquier dispositivo que desconecte el voltaje de la batería hacia el ECM dentro de 10 segundos de desconectar el interruptor de llave, puede causar daño al sistema de postratamiento. El vehículo no deberá operarse con un Código de Falla 1117 activo.

Ilustración 10 charla de taller código 1117 árbol de fallas Cummins (Cummins , 2022)

- Adicional una posible causa del daño del sistema postratamiento es el corte de energía del sistema eléctrico de la unidad antes de finalizar el proceso de purga con el máster del móvil que evita la

limpieza de urea en las líneas del sistema que a bajas temperaturas se cristaliza y tapona.

Con lo encontrado anteriormente se puede diagnosticar que la gran incidencia de códigos de falla del sistema de post tratamiento puede ser desencadenados debido a la frecuencia del código 1117 en gran cantidad de móviles.

Al revisar los códigos de falla dentro del top 10 de la frecuencia gran parte son asignados al sistema de post tratamiento y se encuentra en el árbol de fallas que la mayoría pueden ser por datos erráticos o problemas de lectura de datos, lo cual inhabilita algunos procesos en la unidad dosificadora que a largo plazo presentan falla.

Se concluye que uno de los grandes causantes de los efectos de los códigos de falla de post tratamiento es consecuencia del fallo de la batería por bajo voltaje, para resolver el 80% de los efectos de falla en el sistema postratamiento de las baterías que le dan los operadores o técnicos al momento de tener a cargo el móvil.

5.3. DURABILIDAD DE PIEZAS

5.3.1. Re-manufacturación de repuestos

La empresa actualmente realiza Re-manufacturación de repuestos que permitan una reparación parcial o completa del componente y genera un bajo costo de instalación al momento de su reutilización, los repuestos reparables son los siguientes:

1) Cajas de dirección
2) Turbocompresor
3) Radiadores
4) Inyectores
5) Catalizadores
6) Compresores
7) Diferenciales
8) Housing

9) Unidades Dosificadoras

5.3.2. Costo-Beneficio repuestos nuevos vs remanufacturados

Para determinar la durabilidad de un repuesto en el tiempo se realizó la documentación de los siguientes datos:

1) Consumo de repuesto por referencia de los dos últimos años (fecha de instalación vs fecha de finalización de uso)
2) Base de datos de kilometraje por día de cada bus
3) Costo por repuesto del último año

Se recopila toda la información y se correlaciona entre si determinando una durabilidad en días y kilómetros de repuesto por bus, expuesto de la siguiente manera:

FechaMovimiento	IdMaterial	Material	Cantidad	Bus	km de cambio	DURABILIDAD EN DIAS	DURABILIDAD EN KM
29/09/2021	60	CAJA DE DIRECCION TRW BB	1	Z107108	473471	189	13561
11/06/2021	8348	CAJA DE DIRECCION HIDRAULICA REMANUFACTURADA B.B	1	Z107108	462266	110	11205
7/04/2021	8348	CAJA DE DIRECCION HIDRAULICA REMANUFACTURADA B.B	1	Z107108	452728	65	9538

Tabla 7 Consumo caja de dirección móvil Z107108 (Mectronics; sief 1.0, 2021)

Elaboración Propia

En la tabla anterior se especifica lo siguiente:

1) *Fecha de movimiento*: Día de instalación de un repuesto
2) *ID material*: Número de identificación asociado a un repuesto específico
3) *Material:* Nombre del repuesto
4) *Cantidad*: Cantidad de repuestos usados en el móvil
5) *Bus*: Número de bus asociado A la instalación del repuesto
6) *KM de cambio*: Kilometraje del bus en la fecha de movimiento
7) *Durabilidad en días:* Tiempo de trabajo en días del repuesto (Fecha de cambio- Fecha de Instalación)
8) *Durabilidad en km*: kilometraje de trabajo del repuesto (kilometraje de cambio – kilometraje de instalación)

Posterior a consolidar la respectiva información de cada repuesto con su durabilidad y tiempos específicos de cambio se encuentra lo siguiente para cada repuesto:

a) Caja de dirección Hidráulica:

CAJA DE DIRECCIÓN HIDRAULICA REMANUFACTURADA B.B		
DÍAS DE ESTUDIO	706	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
CAJAS UTILIZADAS	20	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	14	móviles
CAJAS POR BUS	1,4	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	3	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	10103	km

CAJA DE DIRECCIÓN TRW BB		
DÍAS DE ESTUDIO	706	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
CAJAS UTILIZADAS	81	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	79	móviles
CAJAS POR BUS	1,0	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	6	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	29801	km

b) Unidades dosificadoras:

UNIDAD DOSIFICADORA REMANUFACTURADA		
DÍAS DE ESTUDIO	779	días
MESES EN ESTUDIO	26	meses
UNIDADES UTILIZADAS	284	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	138	móviles
UNIDADES POR BUS	2,1	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	7	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	35186	km

UNIDAD DOSIFICADORA SISTEMA SCR EURO V		
DÍAS DE ESTUDIO	779	días
MESES EN ESTUDIO	26	meses
UNIDADES UTILIZADAS	23	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	21	móviles
UNIDADES POR BUS	1,1	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	13	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	62821	km

c) Compresores de aire:

COMPRESOR DE AIRE REMANUFACTURADO		
DÍAS DE ESTUDIO	750	días
MESES EN ESTUDIO	25	meses
COMPRESORES UTILIZADOS	253	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	134	móviles
COMPRESOR POR BUS	1,9	unidades

COMPRESOR DE AIRE CUMMINS		
DÍAS DE ESTUDIO	750	días
MESES EN ESTUDIO	25	meses
COMPRESORES UTILIZADOS	10	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	10	móviles
COMPRESOR POR BUS	1	unidades

DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	9	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	39271	km

DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	20	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	97403	km

d) Radiadores:

RADIADOR DE MOTOR D3FE REMANUFACTURADO		
DÍAS DE ESTUDIO	721	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
RADIADORES UTILIZADOS	37	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	36	móviles
RADIADOR POR BUS	1,0	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	10	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	55128	km

RADIADOR MOTOR D3FE		
DÍAS DE ESTUDIO	721	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
REDIADORES UTILIZADOS	25	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	24	móviles
RADIADOR POR BUS	1,0	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	17	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	74422	km

e) Diferenciales:

DIFERENCIAL(CARRIE6.14) REMANUFACTURADO COMPLETA		
DÍAS DE ESTUDIO	766	días
MESES EN ESTUDIO	26	meses
DIFERENCIALES UTILIZADAS	108	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	83	móviles
DIFERENCIALES POR BUS	1,3	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	9	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	48297	km

CARRIE RELACION 6/14 MERITOR BB = DIFERENCIAL		
DÍAS DE ESTUDIO	766	días
MESES EN ESTUDIO	26	meses
DIFERENCIALES UTILIZADAS	17	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	17	móviles
DIFERENCIALES POR BUS	1,0	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	18	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	107080	km

f) Inyectores:

INYECTOR REMANUFACTURADO ISB 6.7		
DÍAS DE ESTUDIO	889	días
MESES EN ESTUDIO	30	meses
INYECTORES UTILIZADOS	319	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	42	móviles

INYECTOR CUMMINS ISB 6.7		
DÍAS DE ESTUDIO	889	días
MESES EN ESTUDIO	30	meses
INYECTORES UTILIZADOS	8	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	3	móviles

INYECTORES POR BUS	7,6	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	4	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	17910	km

INYECTORES POR BUS	2,7	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	17	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	22859	km

g) CPK por repuesto y comparación:

CODIGO SIEF	COMPONENTE	COSTO UNITARIO 2021 SIN IVA (COP)	DURABILIDAD PROMEDIO (KM)	CPK	NUEVO VS REMANUFAC-TURADO
8348	CAJA DE DIRECCION HIDRAULICA REMANUFACTURADA B.B	$ 480.000,00	10.103	$ 47,51	
60	CAJA DE DIRECCION TRW BB	$ 2.720.576,29	29.801	$ 91,29	
10013839	RADIADOR DE MOTOR D3FE REMANUFACTURADO	$ 120.000,00	55.128	$ 2,18	
9353	RADIADOR MOTOR D3FE	$ 2.496.303,06	74.422	$ 33,54	
10013656	COMPRESOR DE AIRE REMANUFACTURADO	$ 1.250.000,00	39.271	$ 31,83	
433	COMPRESOR DE AIRE CUMMINS	$ 10.082.140,90	97.403	$ 103,51	
10013657	UNIDAD DOSIFICADORA REMANUFACTURADA	$ 1.380.000,00	35.186	$ 39,22	
1226	UNIDAD DOSIFICADORA SISTEMA SCR EURO V	$ 3.697.505,83	62.821	$ 58,86	
10014311	DIFERENCIAL(CARRIE6.14) REMANUFACTURADO COMPLETA	$ 3.850.000,00	48.297	$ 79,72	
200	CARRIE RELACION 6/14 MERITOR BB = DIFERENCIAL	$ 5.800.000,00	107.080	$ 54,17	
415	INYECTOR CUMMINS ISB 6.7	$ 1.130.822,83	22.859	$ 49,47	
10013759	INYECTOR REMANUFACTURADO ISB 6.7	$ 620.000,00	17.910	$ 34,62	

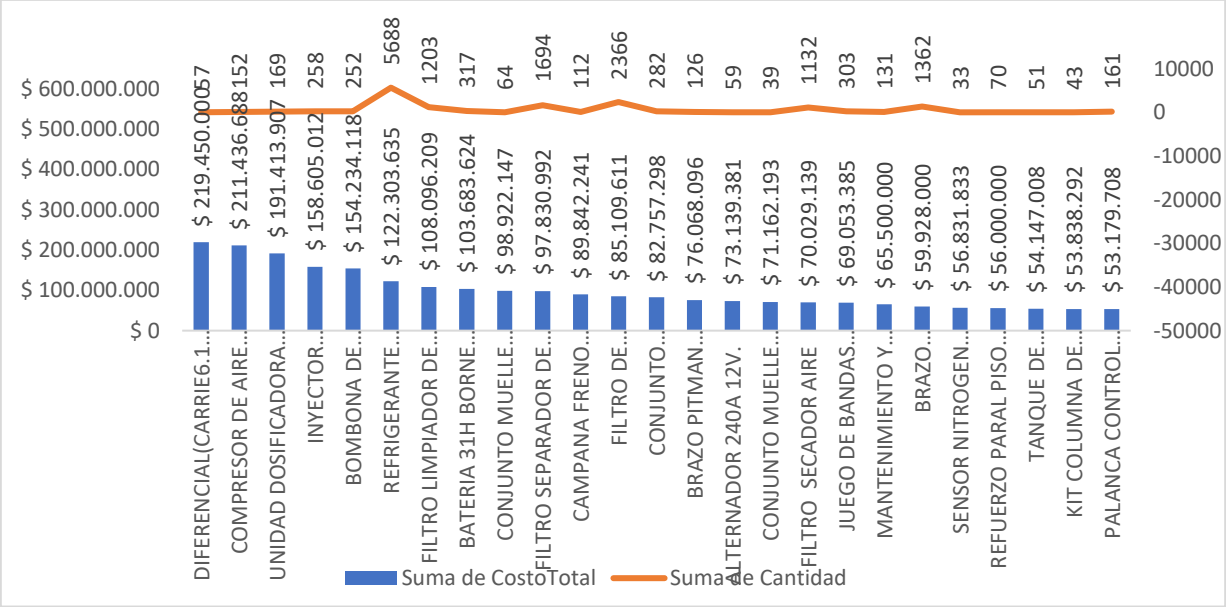
Tabla 8 CPK comparativo nuevo vs remanufacturados *(Mectronics; sief 1.0, 2021)*

Elaboración Propia

5.3.3. Durabilidad de Piezas de Alta Rotación

Existen repuestos que a pesar de no remanufacturarse o únicamente presentar remanufactura generan un alto costo anual por sus movimientos y rotación, por lo anterior se desea analizar si su durabilidad va acorde a las necesidades contractuales del patio y de los tiempos estipulados.

Figura 11 Top 15 Rotación y costos de repuestos 2021



Fuente: (Mectronics; sief 1.0, 2021)
Elaboración Propia

Se presenta un modelo de estudio igual al anterior con el fin de determinar la durabilidad de repuestos con alto consumo:

a) *Rodamientos de rueda*:

RODAMIENTO EXTERNO RUEDA DELANTERA 3782/20		
DÍAS DE ESTUDIO	724	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
RODAMIENTOS UTILIZADOS	650	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	194	móviles
RODAMIENTOS POR BUS	3,4	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	6	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	31248	km

RODAMIENTO INTERNO RUEDA DELANTERA 212049/11		
DÍAS DE ESTUDIO	724	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
RODAMIENTOS UTILIZADAS	699	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	189	móviles
RODAMIENTOS POR BUS	3,7	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	8	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	35148	km

RODAMIENTO EXTERNO RUEDA TRASERA 580/572		
DÍAS DE ESTUDIO	732	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
RODAMIENTOS UTILIZADOS	344	unidades

RODAMIENTO INTERNO RUEDA TRASERA 594A/592A		
DÍAS DE ESTUDIO	732	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
RODAMIENTOS UTILIZADOS	345	unidades

MÓVILES EN ESTUDIO	130	móviles
RODAMIENTOS POR BUS	2,6	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	10	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	47351	km

MÓVILES EN ESTUDIO	131	móviles
RODAMIENTOS POR BUS	2,6	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	10	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	47137	km

b) Turbocompresor:

TURBOCOMPRESOR REMANUFACTURADO		
DÍAS DE ESTUDIO	677	días
MESES EN ESTUDIO	23	meses
TURBOS UTILIZADOS	71	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	57	móviles
TURBOS POR BUS	1,2	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	6	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	28707	km

c) Catalizador de gases:

CATALIZADOR BB REMANUFACTURADO		
DÍAS DE ESTUDIO	784	días
MESES EN ESTUDIO	26	meses
TURBOS UTILIZADOS	142	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	73	móviles
TURBOS POR BUS	2	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	8	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	33748	km

d) Housing:

HOUSING REMANUFACTURADO B.B		
DÍAS DE ESTUDIO	732	días
MESES EN ESTUDIO	24	meses
HOUSING UTILIZADOS	170	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	94	móviles
HOUSING POR BUS	1,8	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	8	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	42150	km

e) Bombona delantera:

BOMBONA DE SUSPENSION DELANTERA HENDRICKSON BB		
DÍAS DE ESTUDIO	889	días
MESES EN ESTUDIO	30	meses
HOUSING UTILIZADOS	493	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	185	móviles
HOUSING POR BUS	2,7	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	7	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	38358	km

f) Muelle trasero y delantero:

CONJUNTO MUELLE DELANTERO		
DÍAS DE ESTUDIO	904	días

CONJUNTO MUELLE TRASERO		
DÍAS DE ESTUDIO	890	días

MESES EN ESTUDIO	30	meses
MUELLES UTILIZADOS	101	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	77	móviles
MUELLES POR BUS	1,3	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	12	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	61742	km

MESES EN ESTUDIO	30	meses
MUELLES UTILIZADOS	153	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	108	móviles
MUELLES POR BUS	1,4	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	10	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	54071	km

g) Brazo pitman:

BRAZO PITMAN COMPLETO B.B		
DÍAS DE ESTUDIO	908	días
MESES EN ESTUDIO	30	meses
BRAZOS UTILIZADOS	345	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	182	móviles
BRAZOS POR BUS	1,9	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	10	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	50043	km

h) Alternador:

ALTERNADOR 240A 12V.		
DÍAS DE ESTUDIO	904	días
MESES EN ESTUDIO	30	meses
ALTERNADORES UTILIZADOS	117	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	110	móviles
ALTERNADORES POR BUS	1,1	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	13	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	70094	km

i) Brazo amortiguador persiana frontal:

BRAZO AMORTIGUADOR PERSIANA FRONTAL		
DÍAS DE ESTUDIO	879	días
MESES EN ESTUDIO	29	meses
BRAZOS UTILIZADOS	2480	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	216	móviles
BRAZOS POR BUS	11,5	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	3	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	15536	km

j) Palanca control de direccionales:

PALANCA CONTROL DIRECCIONALES SIN LIMPIABRISAS		
DÍAS DE ESTUDIO	904	días
MESES EN ESTUDIO	30	meses
PALANCAS UTILIZADAS	117	unidades
MÓVILES EN ESTUDIO	110	móviles
POALANCAS POR BUS	1,1	unidades
DURABILIDAD PROMEDIO DÍAS	13	meses
DURABILIDAD PROMEDIO KM	70094	km

5.3.4. Formalización y actualización de base de datos para durabilidad de piezas SIEF

Mectronics en la actualidad no contaba con una base de datos que permitiera determinar si un repuesto estaba pronto a cambio, falla, garantía o tiempo anormal de cambio. Debido a lo anterior, teniendo en cuenta las tendencias de duración, se formaliza una base de datos de una cantidad inicial de repuestos de consulta abierta que permita predecir, determinar o alertar la falla cercana de un componente, el cambio prematuro de un repuesto o el trámite a tiempo de una garantía; todo implementado a través del sistema SIEF (Modulo de repuestos Reiterativos).

CODIGO SIEF	COMPONENTE	COSTO UNITARIO 2021 SIN IVA (COP)	DURABILIDAD PROMEDIO (KM)	CPK
8348	CAJA DE DIRECCION HIDRAULICA REMANUFACTURADA B.B	$ 480.000,00	10.103	$ 47,51
60	CAJA DE DIRECCION TRW BB	$ 2.720.576,29	29.801	$ 91,29
10013839	RADIADOR DE MOTOR D3FE REMANUFACTURADO	$ 120.000,00	55.128	$ 2,18
9353	RADIADOR MOTOR D3FE	$ 2.496.303,06	74.422	$ 33,54
10013656	COMPRESOR DE AIRE REMANUFACTURADO	$ 1.250.000,00	39.271	$ 31,83
433	COMPRESOR DE AIRE CUMMINS	$ 10.082.140,90	97.403	$ 103,51
10013657	UNIDAD DOSIFICADORA REMANUFACTURADA	$ 1.380.000,00	35.186	$ 39,22
1226	UNIDAD DOSIFICADORA SISTEMA SCR EURO V	$ 3.697.505,83	62.821	$ 58,86
10014311	DIFERENCIAL(CARRIE6.14) REMANUFACTURADO COMPLETA	$ 3.850.000,00	48.297	$ 79,72
200	CARRIE RELACION 6/14 MERITOR BB = DIFERENCIAL	$ 5.800.000,00	107.080	$ 54,17
415	INYECTOR CUMMINS ISB 6.7	$ 1.130.822,83	22.859	$ 49,47
10013759	INYECTOR REMANUFACTURADO ISB 6.7	$ 620.000,00	17.910	$ 34,62
10013675	CATALIZADOR BB REMANUFACTURADO	$ 120.000,00	33.748	$ 3,56
10009520	HOUSING REMANUFACTURADO B.B	$ 500.000,00	42.150	$ 11,86
1004	RODAMIENTO EXTERNO RUEDA DELANTERA 3782/20	$ 46.392,00	31.248	$ 1,48
1002	RODAMIENTO EXTERNO RUEDA TRASERA 580/572	$ 88.247,00	47.351	$ 1,86
1005	RODAMIENTO INTERNO RUEDA DELANTERA 212049/11	$ 69.629,00	35.148	$ 1,98
1003	RODAMIENTO INTERNO RUEDA TRASERA 594A/592A	$ 100.000,00	47.137	$ 2,12
10013799	TURBOCOMPRESOR REMANUFACTURADO	$ 680.000,00	28.707	$ 23,69
94	BOMBONA DE SUSPENSION DELANTERA HENDRICKSON BB	$ 600.000,00	38.358	$ 15,64
1210	BRAZO AMORTIGUADOR PERSIANA FRONTAL	$ 44.000,00	15.536	$ 2,83
1126	PALANCA CONTROL DIRECCIONALES SIN LIMPIABRISAS	$ 356.221,63	61.372	$ 5,80
212	CONJUNTO MUELLE TRASERO	$ 1.677.382,70	54.071	$ 31,02
298	CONJUNTO MUELLE DELANTERO	$ 1.965.680,90	61.742	$ 31,84
39	CAMPANA FRENO TRASERO 8,62" MERITOR BB	$ 846.056,59	89.449	$ 9,46
115	BRAZO PITMAN COMPLETO B.B	$ 650.166,17	50.043	$ 12,99
119	ALTERNADOR 240A 12V.	$ 1.300.000,00	70.094	$ 18,55

Tabla 9 CPK repuestos de alta rotación 2021 *(Mectronics; sief 1.0, 2021)*

Elaboración propia

5.4. PLAN DE ACCIÓN Y MEJORAS DE MANTENIMIENTO

Posterior a haber realizado toda la recopilación y organización de datos, se expone al coordinador de mantenimiento, Gerente de servicios y gerencia general de Mectronics la información previamente analizada, a partir de este punto todo el equipo de Mectronics como empresa formaliza nuevas actividades y planes de acción para la mejora de mantenimiento correlacionando variables asociadas a mantenimiento que afectan la operación diaria de la flota.

5.4.1. Cuadro de mando integral de Mantenimiento:

Ilustración 11 Cuadro de mando integral de Mtto

Fuente: (Niño, Pardo, & Rodriguez, Cuadro de mando integral Mectronics, 2021)

5.4.2. Actividades y cambios al proceso de mantenimiento

Posterior a realizar la revisión con el equipo de trabajo del cuadro de mando integral de mantenimiento, la empresa Mectronics progresivamente decide realizar cambios dentro del proceso, autorizado por gerencia y con incidencia directa en costos, personal técnico y metodología de trabajo donde el analista de mantenimiento debe realizar seguimiento de las actividades y planes de acción propuestos.

5.4.2.1. Mejora de indicadores generales

Con el fin de mejorar los indicadores para el año 2022 se realizan planes de acción enfocados a la confiabilidad y disponibilidad de la flota junto con el personal de mantenimiento:

- Incentivos al personal técnico (Disponibilidad-confiabilidad)
- Grupos Específicos de Mantenimiento Preventivos (Confiabilidad)
- Personas especializadas en el Mantenimiento de Puertas (Confiabilidad)
- Seguimiento de fluidos-niveles de la flota (Confiabilidad)
- Grupo especifico de Presentaciones Transmilenio RTM y periódicas (Confiabilidad- disponibilidad)
- Seguimiento Alistamiento Nocturno de la flota (Confiabilidad)

5.4.2.2. Incentivos al personal técnico (Disponibilidad-confiabilidad)

Se realiza un estudio financiero y psicológico de los técnicos con el fin de realizar grupos fijos, turnos específicos de trabajo y mejora de capacidad técnica con el fin de impactar los siguientes aspectos:

a) *Calidad de vida del técnico*: El técnico deja de tener turnos rotativos nocturnos y tiene horario laborar fijo durante la semana.
b) *Bono por Productividad (variable):* Con el fin de no afectar el ingreso mensual del trabajador se otorga un bono por productividad de actividades acorde a los recargos nocturnos promedio de cada categoría.
c) *Estabilidad laboral*: El personal técnico de Mectronics pasa de contrato Obra Labor por Temporal a Contrato a Termino Indefinido directamente por la empresa.
d) *Conocimiento Técnico*: Se realizan capacitaciones especializadas con Cummins, Allison Transmisión y Blue Bird.

5.4.2.3. Grupos Específicos de Mantenimiento Preventivos (Confiabilidad)

Teniendo en cuenta las condiciones laborares propuestas anteriormente se escoge un grupo de 20 técnicos exclusivos para Mantenimiento Preventivos con las siguientes condiciones:

Tabla 10 Distribución de grupos de mantenimiento preventivo

Grupo	Especialidad	Cantidad	Turno	Horario	Tarea asignada	Bono
1 GRUPO	mecánico	2	TURNO 1 (6:00-14:00)	lunes a viernes + (2 sábados o 2 domingos)	1 mantenimiento preventivo por día	Bono variable entre 115.000 y 140.000 COP (estudio Mensual)
	eléctrico	1				
	Carrocero	2				
2 GRUPO	mecánico	2	TURNO 1 (6:00-14:00)	lunes a viernes + (2 sábados o 2 domingos)	1 mantenimiento preventivo por día	
	eléctrico	1				
	Carrocero	2				
3 GRUPO	mecánico	2	TURNO 16 (13:00-21:00)	lunes a viernes + (2 sábados o 2 domingos)	1 mantenimiento preventivo por día	
	eléctrico	1				
	Carrocero	2				
4 GRUPO	mecánico	2	TURNO 16 (13:00-21:00)	lunes a viernes + (2 sábados o 2 domingos)	1 mantenimiento preventivo por día	
	eléctrico	1				
	Carrocero	2				

Fuente: (Mectronics , 2021)

Elaboración propia

Se realiza mensualmente estudio de la confiabilidad del Mantenimiento Preventivo para realizar trazabilidad de los trabajos realizados.

5.4.2.4. Grupo especifico de Presentaciones Transmilenio RTM y periódicas (Confiabilidad- disponibilidad)

Teniendo en cuenta las condiciones laborares propuestas anteriormente se escoge un grupo de 4 técnicos exclusivamente para todas las presentaciones ante el ente gestor con las siguientes condiciones:

Tabla 11 distribución de grupo de periódicas y RTM

Grupo	Especialidad	Cantidad	Turno	Horario	Tarea asignada	Bono
1 GRUPO	Mecánico	1	TURNO 8 (7:00-15:00)	Lunes a domingo + 2 días compensatorios cada 15 días	RTM-Anuales-Técnicos de Patio	Bono variable entre 115.000 y 140.000 COP (estudio Mensual)
	Eléctrico	1				
	Carrocero	2				

Fuente: (Mectronics , 2021)

Elaboración propia

Mensualmente se realiza seguimiento del cumplimiento de las presentaciones, confiabilidad con el ente gestor y disponibilidad de flota para evaluación y desempeño del grupo.

5.4.2.5. Personas especializadas en el Mantenimiento de Puertas (Confiabilidad)

Teniendo en cuenta las condiciones laborares propuestas anteriormente se escoge un grupo de 2 técnicos exclusivamente para el mantenimiento integral de las puertas (Mecánica) con las siguientes condiciones:

Tabla 12 Distribución de grupo de mantenimiento integral de puertas

Grupo	Especialidad	Cantidad	Turno	Horario	Tarea asignada	Bono
1 GRUPO	Carrocero	2	TURNO 1 (6:00-14:00)	Lunes a domingo + 2 días compensatorios cada 15 días	Mantenimiento Integral de puertas	Bono variable entre 115.000 y 140.000 COP (estudio Mensual)

Fuente: (Mectronics , 2021)

Elaboración propia

Mensualmente se realiza seguimiento al grupo teniendo en cuenta confiabilidad de la flota intervenida (DPV) y porcentaje de ejecución mensual.

5.4.2.6. Seguimiento de fluidos-niveles de la flota (Confiabilidad)

Con el fin de aumentar la confiabilidad de la flota y disminuir varadas por Temperatura alta, se apaga y no prende y testigos encendidos se realiza un cuadro de seguimiento con programación diaria a los móviles que pasan más

de 4 días sin inspección de niveles, dando prioridad y seguimiento a móviles con alto consumo de aceite (Teniendo en cuenta que el KDB de la flota es aproximadamente 200 km y cada 1300 km se deben adicionar 2 qt de aceite motor, cada bus tiene 7 días para entrar a inspección).

5.4.2.7. Seguimiento Alistamiento Nocturno de la flota (Confiabilidad)

Con el fin de aumentar la confiabilidad de la flota y disminuir varadas al día siguiente posterior a la salida de flota se realiza un cuadro de seguimiento con programación diaria a los móviles que pasan más de 2 días sin inspección de alistamiento.

5.4.2.8. Mejora en Testigos de motor flota Blue Bird

Para la mejora de testigos de motor en la flota se realizan planes de acción enfocados al sistema postratamiento, al manejo de novedades presentadas en el bus por centro control de operaciones y evaluación con visita a proveedor encargado de la remanufacturacion de las unidades postratamiento.

5.4.2.9. Charlas con operadores y Centro de control

Se realiza charlas con operadores y personas encargadas de centro control para evitar la manipulación del Máster durante cualquier novedad presentada en vía que afecta directamente los módulos de control electrónico del bus y unidad postratamiento debido a la perdida de conexión con las baterías.

5.4.2.10. Visita y evaluación de proveedor encargado

Teniendo en cuenta que las unidades postratamiento tienen un consumo y frecuencia alta, que se ve afectada directamente por la pérdida de conexión con baterías (detiene proceso de purga) y su proceso de remanufactura constante, se realiza visita al proveedor encargado de la reparación con el fin de evaluar, determinar y conocer los problemas asociados a su cambio y garantías en corto tiempo de trabajo.

5.4.2.11. Plantilla para Bus Blue Bird

El bus Blue Bird por defecto dentro de sus parámetros realiza apagado del motor con switch abierto después de 3 minutos de ralentí. Este parámetro afecta la operación del bus ya que algunos operadores realizan paradas imprevistas donde se bajan del bus con el motor prendido lo que después de un tiempo de apagado del motor provocaba descarga de baterías y bajo voltaje; Debito a todo lo anterior se desarrolla una plantilla que modifica el tiempo de apago del motor en ralentí a 15 minutos (se evita descarga de baterías por apagado prematuro además de consumo excesivo de combustible por evitar su apagado por no uso).

5.4.2.12. Seguimiento a consumo de unidades postratamiento

Con el fin de revisar y evaluar los planes de acción implementados se realiza un seguimiento al consumo de unidades postratamiento mensual.

5.4.2.13. Mejora en repuestos reiterativos y evaluación de proveedores

El Consumo de repuestos reiterativos (corto tiempo) y no reclamaciones de garantía además del desconocimiento de la durabilidad de los repuestos llevo a Mectronics a crear protocolos y desarrollos de software para que técnicos y supervisores generen alertas al momento de cambiar un repuesto para un mismo bus.

5.4.2.14. Módulo de repuestos reiterativos en SIEF

El equipo de desarrollo de Mectronics realiza el desarrollo del módulo de repuestos reiterativos en Sief que alerta a jefes de taller a través del módulo sobre el cambio de un repuesto de manera prematura o en garantía, condicionando su autorización a una serie de pasos adicionales donde se justifique la necesidad del cambio.

5.4.2.15. Parametrización de vida útil (días) de repuestos

Para que el sistema SIEF evalúe si un repuesto es reiterativo o está dentro de garantía se realizar la parametrización de los repuestos (días) a partir de la base de datos desarrollada y la carta de garantía de repuestos remanufacturados (parametrización sujeta a cambios).

5.4.2.16. Reclamación de garantías y evaluación de proveedores

Los repuestos remanufacturados y nacionales tenían una alta probabilidad de falla debido a su homologación y reparación, por lo cual, se visita y se tramitan todas las garantías a proveedores, lo que ocasionó cambio de proveedores, visitas del proveedor a patio y cambio de componentes.

5.5. APLICACIONES DE LAS MEJORAS DE MANTENIMIENTO

5.5.1. Equipos de Mantenimiento preventivo

Para el mes de marzo del año 2022 se realiza la implementación de los equipos de mantenimiento preventivo con 13 personas inscritas y un seguimiento mensual para la evaluación y pago del bono variable con las siguientes condiciones:

Tabla 13 Criterios de evaluación para grupo de mantenimientos preventivos

Criterio de varada	inmovilizado	aplica
	Afecta DPV	aplica
Criterio de Kilometraje	> 6000 < 10000	100%
	> 5000 < 6000	80%
	> 4000 < 5000	70%
	< 4000	60%
Criterios de falla	Aplique la varada al preventivo	SÍ aplica
	Sea su especialidad	sí aplica
Criterios de móviles	< 6000 Y sin novedad	100%
	> 6000 Y sin novedad	100%
	> 10000	Fuera de estudio
	> 6000 novedad	Fuera de estudio
Criterio de ausentismo	ausente	aplica

Elaboración propia

Dando como resultado del estudio por técnico para el mes de junio lo siguiente:

Tabla 14 Seguimiento de grupo de mantenimiento preventivo del mes de junio (Mectronics, 2021) (Consorcio Express, 2021)

BONO				
ESPECIALIDAD	***TECNICO***	***junio***	***%***	***TOTAL %***
MECANICA	WILLIAM HUMBERTO GALINDO LOPEZ	14	80%	43%
MECANICA	ANDRES FELIPE SOLORZANO PORRAS	0	88%	88%
CARROCERIA	JOSE ANTONIO GOMEZ GARZON	1	100%	97%
CARROCERIA	JHOAN SEBASTIAN MUÑOZ ALDANA	9	80%	56%
ELECTRICIDAD	YIMI ALEJANDRO RUEDA BELTRAN	2	90%	84%
MECANICA	EDWARD ALEXIS LOSADA HERNADNEZ	2	84%	78%
CARROCERIA	JOHN ALEXANDER VARGAS PINZON	3	85%	77%
MECANICA	JUAN CARLOS PARRA HERNANDEZ	1	86%	83%
ELECTRICIDAD	EMMANUEL HERRERA CUADROS	0	85%	85%
MECANICA	DIEGO ANDRES HERRAN VASQUEZ	26	100%	13%
ELECTRICIDAD	Hector Stiven Olivares Ochoa	0	100%	100%
ELECTRICIDAD	DEIBY ALEJANDRO BARRERA GARZON	0	100%	100%
MECANICA	Harry Martinez Herrera	0	80%	80%

Elaboración Propia

5.5.2. Equipo de mantenimiento integral de puertas

Para el mes de marzo se implementa el grupo de mantenimiento integral de puertas con dos integrantes a los cuales se les realiza otro si en su contrato y se incluye un bono de productividad con las siguientes condiciones:

Tabla 15 Criterios de evaluación grupo de mantenimiento integral de puertas

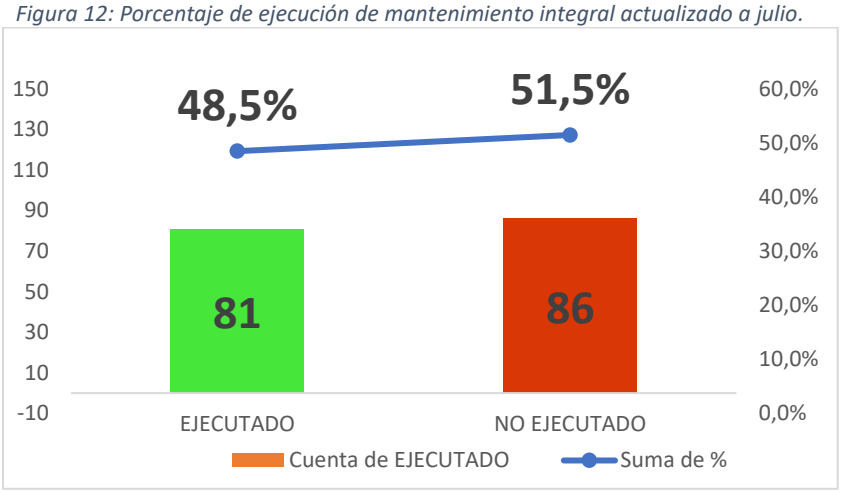
Criterio de varada	Cualquier novedad en via	aplica
Criterio de Kilometraje	> 30000	100%
	(8000-10000)	90%
	(6000-8000)	80%
	(5000-6000)	70%
	< 5000	50%
Criterios de falla	Aplique la varada al mantenimiento	Si aplica
Criterios de móviles	< 10000 Y sin novedad	100%

Elaboración propia

Posterior a 4 meses de seguimiento da por resultado los siguientes números:

a) Porcentaje de ejecución inicial de toda la flota:

Figura 12: Porcentaje de ejecución de mantenimiento integral actualizado a julio.



Fuente: (Mectronics; Sief 2.0, 2021-2022)
Elaboración Propia

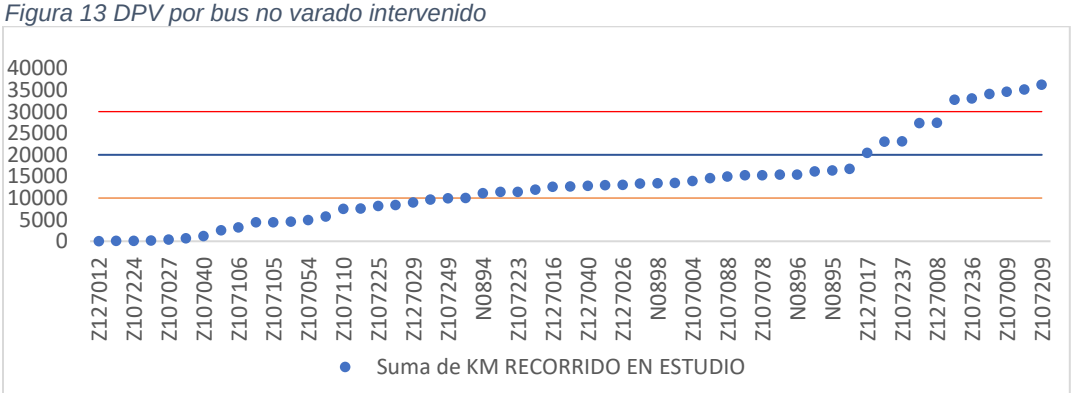
b) Resumen de Confiabilidad de intervención de la flota:

Tabla 16 confiabilidad de mantenimiento integral de puertas hasta Julio 2022

CONFIABILIDAD DE INTERVENCION (30.000 KM)	%	DIAS	KILOMETROS
	76%	83	11435

c) DPV por bus intervenido no varado:

Figura 13 DPV por bus no varado intervenido



Fuente: (Consorcio Express, 2021) (Mectronics; Sief 2.0, 2021-2022)
Elaboración Propia

d) Seguimiento de grupo de mantenimiento integral de puertas:

Tabla 17 Confiabilidad de grupo de mantenimiento integral de puertas (Consorcio Express, 2021) (Mectronics; Sief 2.0, 2021-2022)

TECNICO	% BONO
JEISSON JOHAN GOMEZ	95,31%
CARLOS ANDRES DAZA REYES	95,31%

Elaboración Propia

5.5.3. Equipo de presentaciones periódicas y RTM

Para el mes de marzo se implementa un equipo de 4 integrantes para presentaciones periódicas y RTM a los cuales se les realiza otro si en su contrato con un bono de productividad con las siguientes condiciones**:**

Concepto	% descontar
No aprobar periódica	25%
No aprobar RTM 1 vez	15%
No aprobar RTM 2 vez	50%

Tabla 18 condiciones de evaluación equipo periódicas y RTM

Elaboración Propia

Dando como resultado del estudio por técnico para el mes de junio lo siguiente:

Nº Cedula	***Nombre***	***categoria***	***Cargos***	***JUNIO***	
				1Q	***2Q***
1033740116	*SERGIO ANDREY TABARES GOMEZ*	*TECNICO CARROCERO C*	*TECNICO CARROCERO*	60%	100%
79632063	*FILADELFO VELANDIA GOMEZ*	*TECNICO CARROCERO BL*	*TECNICO CARROCERO*	60%	100%
79938724	*LUIS HUMBERTO ESPOSITO HERNANDEZ*	*TECNICO ELECTRICO D*	*TECNICO ELECTRICO*	60%	100%
1013677261	*JHONATAN STIVEN ALVAREZ LESMES*	*TECNICO MECANICO D*	*TECNICO MECANICO*	60%	100%

Tabla 19 Evaluación de grupo de periódicas y RTM para el mes de junio (Consorcio Express, 2021-2022)

Elaboración Propia

5.5.4. Seguimiento de niveles

Se consolida la información del año y se realiza un desarrollo a través de la herramienta Excel para hacer seguimiento de los móviles que pasan muchos días sin alistamiento de niveles (Según protocolo de seguimiento de aceites), todo notificado vía correo en donde se evidencia lo siguiente:

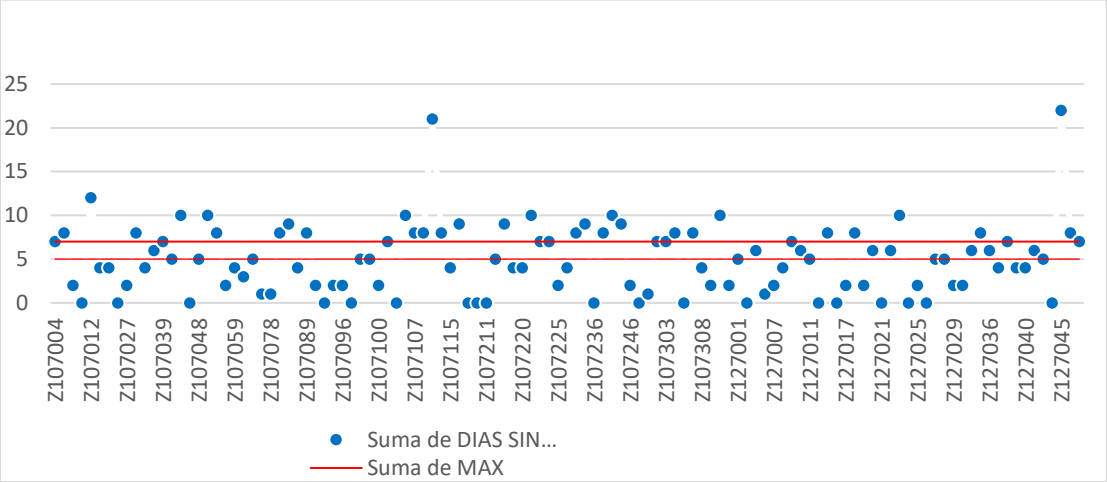
- Móvil
- Inoperatividad
- Ultimo alistamiento de niveles
- Rango
- Días sin alistamiento de niveles

Ilustración 12 Cuadro de seguimiento de niveles (Mectronics, 2021-2022) (Mectronics, 2021)

PATIO	MOVIL	INOPERATIVO	ULTIMO ALISTAMIENTO	EN RANGO	DIAS SIN ALISTAMIENTO DE NIVELES	KILOMETRAJE RECORRIDO	Clasificacion de dias
T	Z107000	O	2/01/2022	-	212	24368	>20
P	Z107004	O	26/07/2022	X	7	1593	6-10
P	Z107005	O	25/07/2022	X	8	883	6-10
T	Z107006	O	28/12/2021	-	217	16790	>20
P	Z107007	O	31/07/2022	✓	2	15	0-5
P	Z107009	O	2/08/2022	✓	0	0	0-5
P	Z107012	O	21/07/2022	X	12	2297	10-15
P	Z107013	O	29/07/2022	✓	4	689	0-5
T	Z107015	O	30/11/2021	-	245	19179	>20
T	Z107022	O	5/05/2022	-	89	13573	>20

Elaboración Propia

Figura 14 Dispersión de días de niveles por móvil



Fuente: (Mectronics, 2021-2022) (Mectronics, 2021)
Elaboración Propia

Se envía diariamente programación de niveles para móviles que no hayan sido alistados en varios días:

Ilustración 13 Programación de niveles vía correo

RE: Programacion de niveles para 22/07/2022

Jose Saul Pardo Aguilera
Para: Camilo Andrés Rodriguez Pulido; Auxiliar Mantenimiento Mectronics; **Supervisores de Mantenimiento MSA**
CC: Nelson Augusto Ravelo Torres; Ruben Dario Perez Fierro
Lun 25/07/2022 13:53

Urgente revisar esos buses que tienen más de 8 días sin verificación.

SP

De: Camilo Andrés Rodriguez Pulido <analista.mantenimiento@mectronics.co>
Enviado el: viernes, 22 de julio de 2022 12:12 p. m.
Para: Auxiliar Mantenimiento Mectronics <auxiliar.mantenimiento@mectronics.co>; Supervisores de Mantenimiento MSA <supervisoresmanto@mectronics.co>
CC: Jose Saul Pardo Aguilera <saul.pardo@mectronics.co>; Nelson Augusto Ravelo Torres <lider.mantenimiento@mectronics.co>; Ruben Dario Perez Fierro <ruben.perez@consorcioexpress.co>
Asunto: Programacion de niveles para 22/07/2022

Buenas tardes,
Se envía programación de niveles para el día de hoy:

MOVIL	INOPERATIVO	ULTIMO ALISTAMIENTO	EN RANGO	DIAS SIN ALISTAMIENTO DE NIVELES	KILOMETRAJE RECORRIDO	Clasificacion de dias
Z107305	0	29/06/2022	X	22	580	>20

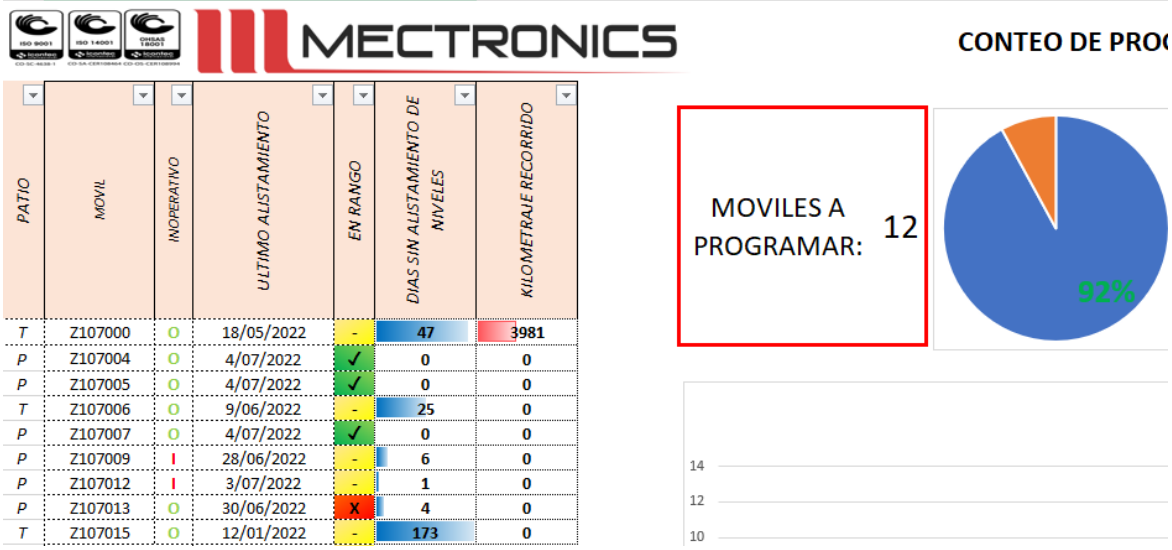
5.5.5. Seguimiento de alistamiento nocturno:

Se consolida la información del año y se realiza un desarrollo a través de la herramienta Excel para hacer seguimiento de los móviles que pasan muchos días sin alistamiento nocturno (Según protocolo se define como Max 2 días), todo notificado vía correo en donde se evidencia lo siguiente:

- Móvil
- Inoperatividad
- Ultimo alistamiento nocturno
- Rango

- Días sin alistamiento nocturno

Ilustración 14 Cuadro de seguimiento de alistamiento nocturno (Mectronics; sief 2.0, 2022) (Mectronics, 2021)



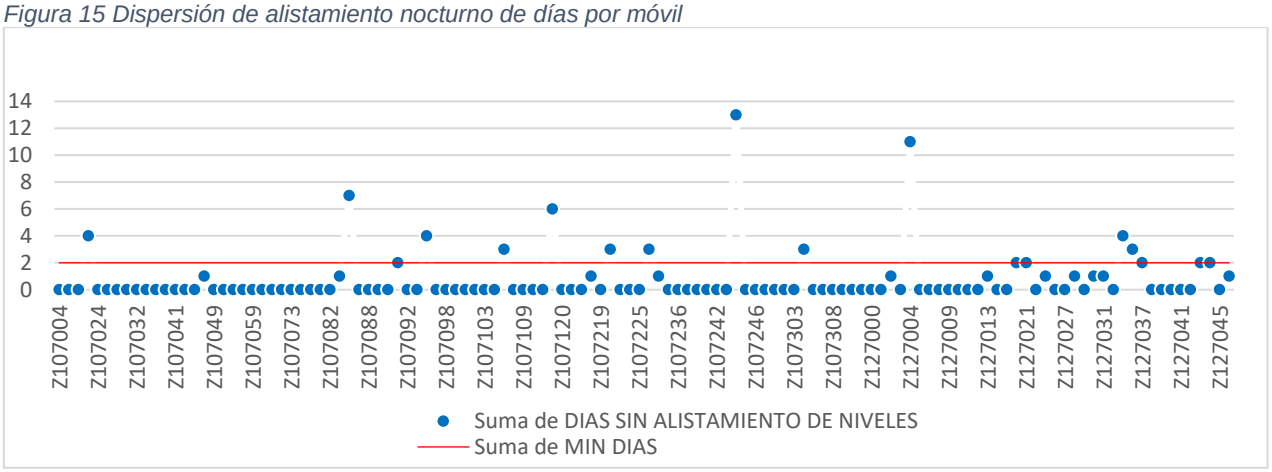
MECTRONICS

CONTEO DE PRO

PATIO	MOVIL	INOPERATIVO	ULTIMO ALISTAMIENTO	EN RANGO	DIAS SIN ALISTAMIENTO DE NIVELES	KILOMETRAJE RECORRIDO
T	Z107000	O	18/05/2022	-	47	3981
P	Z107004	O	4/07/2022	✓	0	0
P	Z107005	O	4/07/2022	✓	0	0
T	Z107006	O	9/06/2022	-	25	0
P	Z107007	O	4/07/2022	✓	0	0
P	Z107009	I	28/06/2022	-	6	0
P	Z107012	I	3/07/2022	-	1	0
P	Z107013	O	30/06/2022	X	4	0
T	Z107015	O	12/01/2022	-	173	0

Elaboración Propia

Figura 15 Dispersión de alistamiento nocturno de días por móvil



Fuente: (Mectronics, 2021-2022) (Mectronics, 2021)
Elaboración Propia

5.5.6. Capacitaciones bus Blue Bird

Para el mes de enero se realizó una jornada de capacitaciones a todos los técnicos sobre los buses Blue Bird a cargo del ingeniero Leonardo Olaya.

Ilustración 15 Sala de capacitaciones para personal de Mectronics

5.5.7. Contrato directo por la empresa

La empresa realizo jornadas y cambios de contratos al 99% del personal que se encontraba por temporal a Contrato por termino indefinido directamente por la empresa.

5.5.8. Módulo de reiterativos en SIEF

Desarrollo de Software realiza el desarrollo del módulo de repuestos reiterativos para alerta al jefe de mantenimiento sobre posibles cambios prematuros del componente, dando como resultado lo siguiente:

5.5.8.1. Instructivo módulo SIEF reiterativos por repuestos

Para realizar el correcto uso del módulo de reiterativos en SIEF se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Parametrización de materiales en SIEF 1.0
- Parametrización de homónimos en SIEF 2.0
- Creación de Orden de trabajo en SIEF 2.0
- Solicitud de repuestos en consola de mantenimiento
- Autorización de repuesto en módulo de reiterativos SIEF 2.0

5.5.8.2. Parametrización de materiales en SIEF 1.0

Para poder determinar que un repuesto se vuelve reiterativo, es necesario parametrizar la vida útil o intervalo mínimo de frecuencia, esto se realiza a través del módulo SIEF 1.0 en modulo Compras y pestaña consulta de materiales.

Para parametrizar el tiempo de rotación de un repuesto en SIEF 1.0 se debe realizar ingreso con usuario y contraseña, dirigirse al módulo Compras y pestaña de consulta de materiales.

Una vez en el módulo consulta de materiales, en el espacio código SIEF y Bodega se digita el código del material a parametrizar junto con la bodega de consulta respectivamente. Posterior a la búsqueda se debe realizar click sobre el material para ingresar a un nuevo módulo.

Nota: Para un material que pertenece a varias bodegas se realiza una única parametrización.

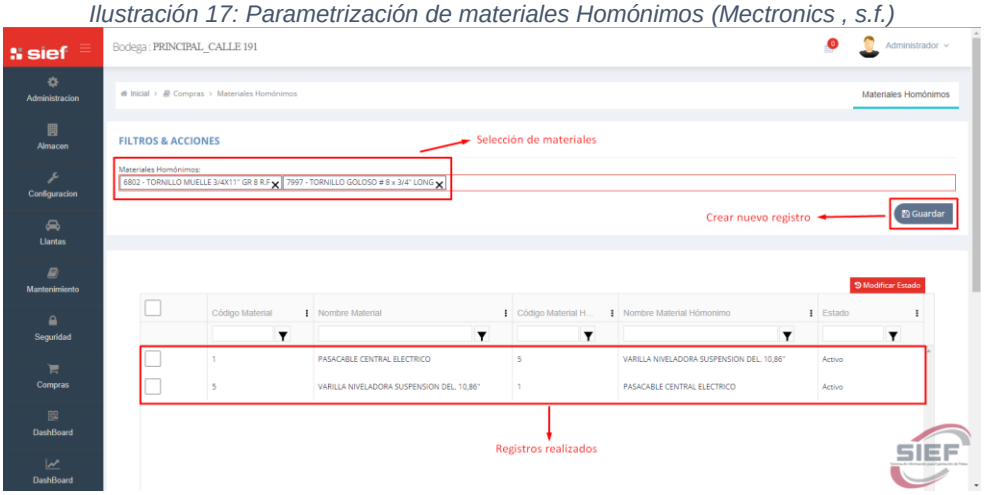
En el módulo de parametrización de materiales en la casilla de tiempo de rotación se ingresan los días mínimos de cambio del repuesto

Ilustración 16 Parametrización de tiempo de rotación de un repuesto (Mectronics, 2012)

5.5.8.3. Parametrización de homónimos en SIEF 2.0:

Existen repuestos en SIEF que tienen un mismo uso, pero su procedencia es diferente (Nacional, remanufacturado u original), teniendo en cuenta lo anterior estos repuestos se deben parametrizar como Homónimos.

Ilustración 17: Parametrización de materiales Homónimos (Mectronics , s.f.)



5.5.8.4. Autorización de repuesto en módulo de reiterativos SIEF 2.0

Cuando el supervisor y/o jefe de mantenimiento procede a realizar autorización de un repuesto reiterativo que está totalmente parametrizado en el sistema, SIEF redirecciona al usuario al módulo de reiterativos donde se debe seguir un protocolo para la autorización

del repuesto.

Ilustración 18: Módulo de notificación de repuesto reiterativo (Mectronics , s.f.)

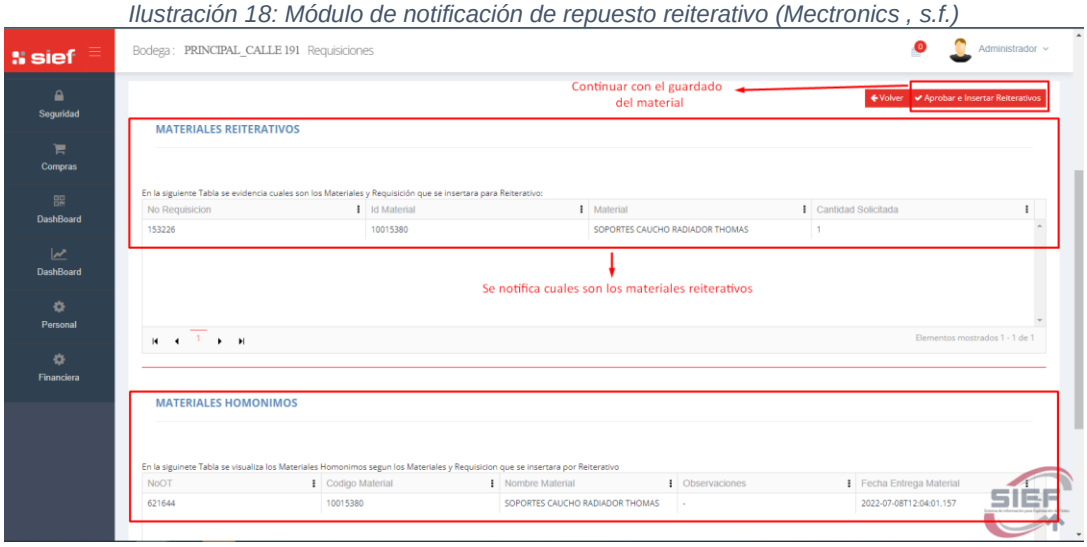


Ilustración 19: Confirmación de registro (Mectronics , s.f.)

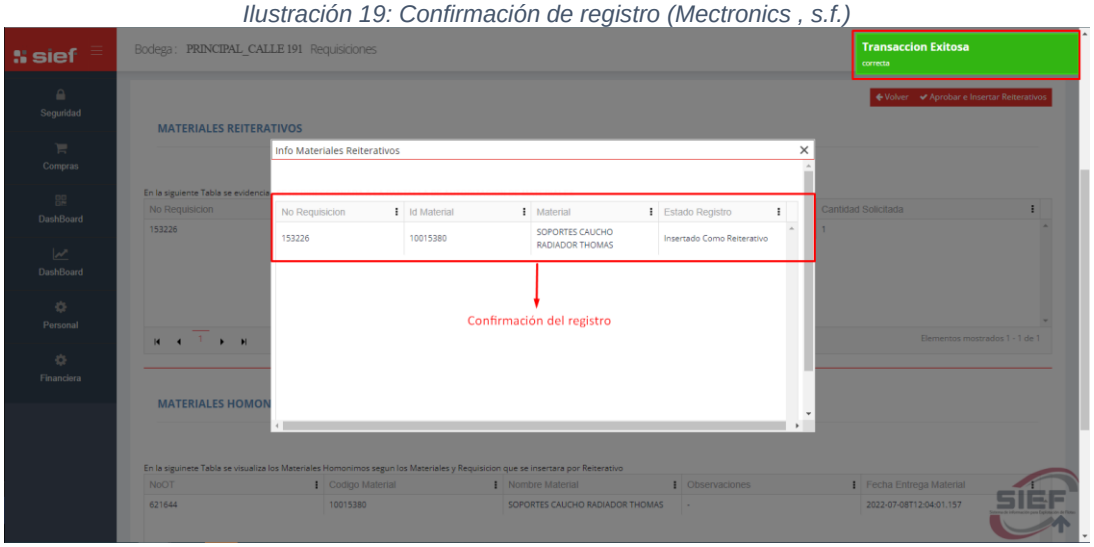


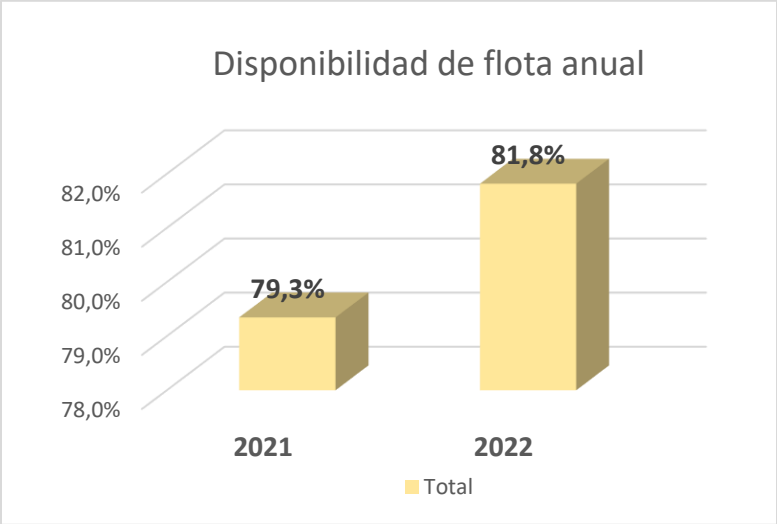
Ilustración 20: Selección de material para aprobar (Mectronics , s.f.)

5.6. MEJORAS DURANTE EN EL AÑO 2022

5.6.1. Disponibilidad de flota anual

Para el mes de Julio del año 2022 se evidencia una mejora del 2.5% en la disponibilidad de flota con respecto al año 2021.

Figura 16 Disponibilidad de flota por año

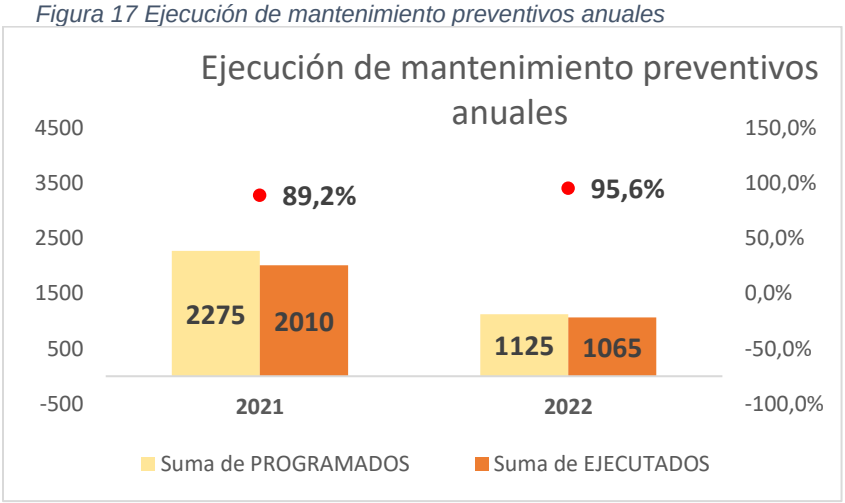


Fuente: (Mectronics, 2021)
Elaboración Propia

5.6.2. Ejecución de Mantenimiento preventivo:

Para el mes de julio del año 2022 se evidencia una mejora del 6,4% en la ejecución de mantenimientos preventivos con respecto al año 2021

Figura 17 Ejecución de mantenimiento preventivos anuales

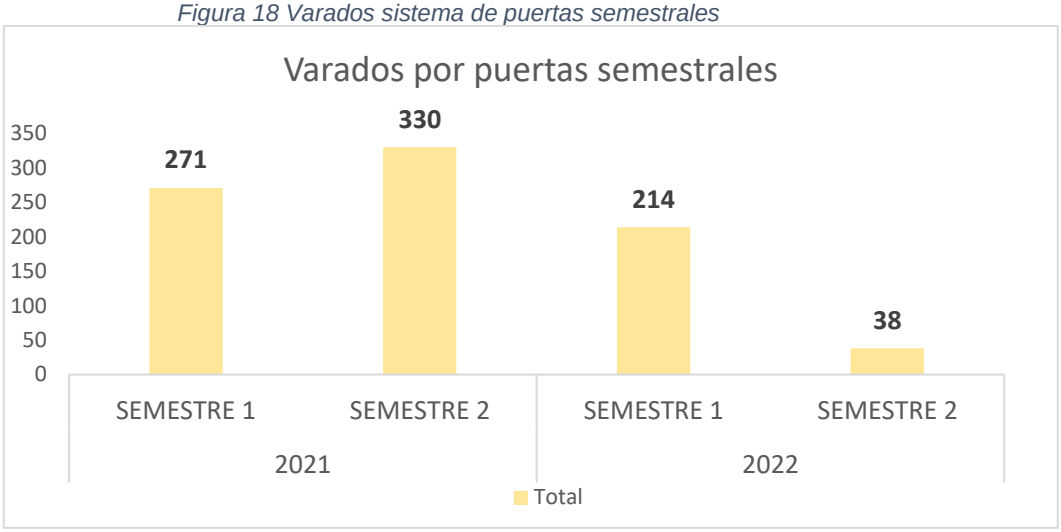


Fuente: (Mectronics, 2021)
Elaboración Propia

5.6.3. Varados por sistema de puertas:

Para el primer semestre del año 2022 las varadas por el sistema de puertas se vieron reducido en 57 varadas con respecto al año 2021 se espera evaluar resultados para el segundo semestre.

Figura 18 Varados sistema de puertas semestrales



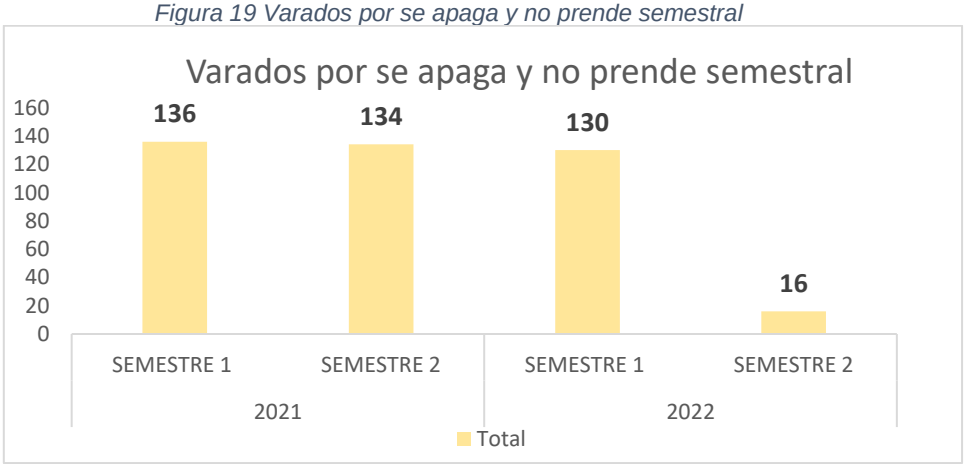
Fuente: (Consorcio Express, 2021)

Elaboración Propia

5.6.4. Varados por sistema se paga y no prende:

Para el primer semestre del año 2022 las varadas por el sistema de se apaga y no prende se vio reducido en 6 varadas con respecto al año 2021 se espera evaluar resultados para el segundo semestre.

Figura 19 Varados por se apaga y no prende semestral



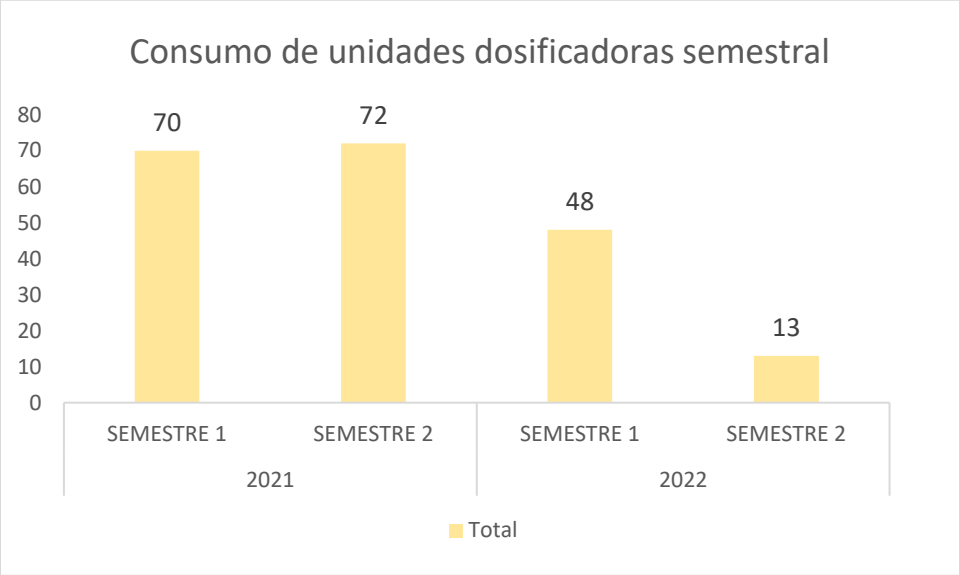
Fuente: (Consorcio Express, 2021)

Elaboración Propia

5.6.5. Consumo de unidades dosificadores:

Para el primer semestre del año 2022 se evidencia una reducción de 22 unidades con respecto al primer semestre del año 2021 se espera evaluar el consumo para el siguiente semestre.

Figura 20 Consumo de unidades dosificadoras semestral



Fuente: (Mectronics; sief 1.0, 2021)

Elaboración propia

6. CONCLUSIONES

- ✓ Se contribuye al plan de mantenimiento general de la empresa a cargo del mantenimiento de la flota tipo padrón marca Blue Bird (Mectronics), dejando estudios y bases de datos sólidas para evaluar el desempeño de mantenimiento durante el tiempo.
- ✓ A partir del análisis de datos se evidencia una mejora positiva en los **indicadores generales** de disponibilidad de flota con el 2.5% y de ejecución de mantenimientos preventivo con el 6.4% con respecto al año 2021.
- ✓ A partir del estudio de durabilidad de repuestos se logra la implementación y parametrización en el sistema SIEF el módulo de **repuestos reiterativos** que alerta sobre el consumo prematuro de insumos.
- ✓ A partir del análisis de falla en operación de los buses se logra **mitigar el daño al sistema postratamiento** reduciendo el consumo de unidades dosificadoras remanufacturadas con 22 para el primer semestre del año 2022 con respecto al año 2021

BIBLIOGRAFÍA

Blue Bird. (2013). Alcance y contenido . En B. bird, *manual de servicio para chassis* (pág. 710). BLUE BIRD.

Blue Bird. (2014). manual de servicio para chasis. En B. bird, *manual de servicio para chasis* (pág. 710). BLUE BIRD.

Bogota como vamos. (s.f.). Obtenido de https://bogotacomovamos.org/as/

Consorcio Express. (2021). Consolidados de varadas (Mensual). Bogotá, Colombia.

Consorcio Express. (2021-2022). Cronograma de RTM y periodicas (Mensual). Bogota, Colombia .

Consorcio Express. (s.f.). Base de datos numero identificativo de buses. Recuperado el 2021

Cummins . (2 de 02 de 2022). *Quick Serve Online* . Obtenido de https://quickserve.cummins.com/qs3/portal/service/index.html

Cummins. (2011). *Consumo de Aceite Lubricante y Límites Aceptables Boletin de servicio numero 5464443.* Boletin de servicio.

Cummins. (2011). *Especificaciones Sistema de Aceite Lubricante motor 6.7 litros.* Procedimiento.

Cummins. (s.f.). *Quick serve online.* Obtenido de https://quickserve.cummins.com/qs3/portal/service/manual/es/es4960747/

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2009). *Funcion Publica*. Recuperado el 17 de 09 de 2022, de ABC Formulacion de indicadores: https://www.funcionpublica.gov.co/web/murc/actividad-30

Gonzales, A. N. (17 de 8 de 2020). *El blog salmón.* Obtenido de https://www.elblogsalmon.com/management/matriz-probabilidad-impacto-crisis-covid#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20la%20matriz%20de,empresa%20o%20en%20un%20proyecto.

GOODYEAR. (s.f.). *Costo por kilometro*. Obtenido de https://llantascamion.goodyear.com.co/costo-por-kilometro#:~:text=**%20Como%20el%20costo%20por,es%20un%20ejemplo%20de%20c%C3%A1lculo.

MAGALLON, A. D. (11 de 2011). IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO EN EQUIPO BIOMEDICO EN ELINSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL.

Mectronics . (2021). Distribución de personal tecnico de Mectronics. Bogota, Colombia .

Mectronics . (s.f.). *Sief 2.0*. Obtenido de http://172.16.253.36:8220/LOGIN.html

Mectronics. (2012). *Sief 1.0*. Obtenido de www.mectronics.com.co:85

Mectronics. (2021). Base de datos de personal tecnico . Bogotá, Colombia .

Mectronics. (2021). Bitacora de Mantenimiento Diaria. Bogota, Colombia .

Mectronics. (2021). Consolidado de Actividades diarias. Bogota, Colombia.

Mectronics. (2021-2022). Seguimiento de niveles (diario). Bogota, Colombia.

Mectronics; sief 1.0. (2021). Consumo de repuestos por bus. Bogotá, Colombia .

Mectronics; Sief 2.0. (2021-2022). Consolidado Ordenes de trabajo por puertologos. Bogota, Colombia .

Mectronics; sief 2.0. (2022). Consolidado de ordenes de trabajo de alistamiento nocturno . Bogotá, Colombia.

Moreano-Castillo, F. R., & Pérez-Vega, E. (27 de 10 de 2020). Plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático. *REVISTA CIENTIFICA*, 17.

Niño, S., Pardo, S., & Rodriguez, C. (2021). Cuadro de mando integral Mectronics. Bogota, Colombia.

Niño, S., Pardo, S., & Rodriguez, C. (2021). Diagrama de espina de pescado. Bogota, Colombia .

NOVATRANS. (s.f.). *Novatrans software de gestion de flotas*. Obtenido de Esta es la Fórmula para Calcular Costo por Kilómetro: https://www.novatrans.es/blog/formula-para-calcular-costo-por-kilometro/

ONU Mujeres. (31 de 10 de 2010). *Centro virtual de conocimiento para poner fin a la violencia contra mujeres y niñas*. Obtenido de Indicadores: https://www.endvawnow.org/es/articles/336-indicadores.html

Paez, F. (23 de 10 de 2012). *CMI gestion.* Obtenido de https://cmigestion.es/2012/10/23/el-cuadro-de-mando-integral-i-que-es-y-para-que-sirve/

Rodriguez, C. (2022). autor propio. Bogota, Bogotá, Colombia.

Rodriguez, J. (10 de 06 de 2022). *Hubspot.* Obtenido de Qué es el diagrama de Ishikawa, cómo crearlo y ejemplos: https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa

Salazar, B. H., & Giron, B. R. (2016). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE ALIMENTOS DE LA EMPRESA MINERA LA ZANJA S.R.L. *UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE*, 11.

SALAZAR, N. E. (8 de 5 de 2017). MPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LAS MAQUINARIAS EN LA EMPRESA CONSTRUCCIONESREYES S.R.L. PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD.

SITIO BIG DATA. (25 de 10 de 2019). Recuperado el 22 de 10 de 2020, de SITIO BIGDATA: https://sitiobigdata.com/2019/10/25/que-es-la-regresion-lineal/#

Souza, I. d. (19 de 07 de 2019). *Rockcontent.* Obtenido de https://rockcontent.com/es/blog/diagrama-de-pareto/

VALDIVIESO, J. C. (2010). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A.* CUENCA.