

**DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE BUSES
ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA MUEVE FONTIBÓN S.A.S.**

AUTORES:

FABIO ANDRES CASTRO MELO

NEIVER ESPITIA SUÁREZ

JAIR STEVEN LÓPEZ CARREÑO

DIRECTOR:

PhD. GIOVANY OROZCO HERNANDEZ

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

FACULTAD DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ, NOVIEMBRE DE 2022

**DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE BUSES
ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA MUEVE FONTIBÓN S.A.S.**

AUTORES:

FABIO ANDRES CASTRO MELO Cod: 123717

NEIVER ESPITIA SUÁREZ Cod: 30466

JAIR STEVEN LÓPEZ CARREÑO Cod: 124604

DIRECTOR:

PhD. GIOVANY OROZCO HERNANDEZ

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

FACULTAD DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ, NOVIEMBRE DE 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN:

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

Dedicatorias:

Dedico este trabajo de grado a Dios, por darme la oportunidad de cursar esta Especialización en Gerencia en mantenimiento y generar este documento. A mis padres que han hecho grandes esfuerzos a lo largo de mi crecimiento personal y profesional. A mis hermanos que me dan el apoyo día a día y una palabra amable y alegre todos los días.

FABIO ANDRÉS CASTRO MELO

De manera especial le doy gracias a Dios porque sin él nada sería posible, a mi padre que ha sido mi guía desde pequeño. Dedico este proyecto a mi madre quien me brindo su apoyo incondicional, y sacrifico parte de sus momentos para permitirme dar paso en este esfuerzo personal y profesional. También a mi novia por brindarme su apoyo en cada momento que lo necesite y depositar su confianza en mí. Sus presencias han sido mi soporte para lograr alcanzar este objetivo.

NEIVER ESPITIA SUAREZ

A mis padres por ser apoyo fundamental.

A mis tíos Diego Andrés Carreño y Javier Carreño ya que cada consejo fue motivación para alcanzar el objetivo general de este proyecto académico.

A mi esposa e hijos por ser la chispa generadora de ilusión y alegría

JAIR STEVEN LÓPEZ CARREÑO

Agradecimientos:

Agradezco a la Empresa Operadora de SITP Mueve Fontibón S.A.S., quienes nos brindaron el apoyo e información para el desarrollo de este trabajo de grado. A la Universidad ECCI ya sus docentes, quienes nos han dado las herramientas metodológicas y técnicas para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación. Un agradecimiento especial al Ingeniero Nelson Rojas quien nos ha brindado su apoyo técnico para la elaboración de este texto.

FABIO ANDRÉS CASTRO MELO

Sin duda alguna es de orgullo y causa alegría, cumplir en esta etapa de mi vida la ilusión de especialista. Por ello agradezco a mi jefe, el Ing. Diego Vargas quien ha depositado toda la confianza y me ha apoyado en el proceso de formación, a Mueve Fontibón S.A.S. quien me confió, y me brindo los datos y las herramientas para la elaboración de este proyecto. De igual manera al ingeniero Nelson Rojas por el conocimiento impartido, por su guía y acompañamiento en el cumplimiento de los objetivos propuestos en el presente escrito, y a los demás docentes que nos brindaron tiempo y esfuerzo en el desarrollo de los contenidos del programa.

NEIVER ESPITIA SUÁREZ

A Dios por darnos salud, bienestar y sabiduría

A la universidad ECCI y en especial a la facultad de posgrados por brindarnos los espacios necesarios para el desarrollo de las cátedras

A cada docente por fomentar el ambiente de aprendizaje de manera dinámica y participativa.

JAIR LÓPEZ

Resumen

En la presente monografía se desarrolla una exploración de diversos temas relacionados con los procesos de implementación y desarrollo de planes de mantenimiento que tengan en cuenta en su diseño la aplicación de un modelo para planes de mantenimiento en flotas de transporte.

Se encontrará información sobre marco teórico relacionado con el objeto de esta monografía, el estado del arte y en el desarrollo del documento, se abordan metodologías como la técnica de auditoría por radar, en la cual se realiza la valoración de diferentes aspectos de gestión a nivel de departamento en la empresa, y de acuerdo a la valoración obtenida, se tomen medidas por parte de la compañía, como se abordará en el capítulo 7, la auditoría por radar hace un sistema de evaluación visual, en el cual la empresa fácilmente puede identificar de los puntos valorados, en cuales debe tomar acciones con el fin de poder cumplir con sus objetivos y en cuáles tiene fortalezas y debe seguir conservando.

Como segundo aspecto relevante, los investigadores desarrollan una herramienta informática, para que, al ser usada por la empresa, ayude a gestionar todo lo relacionado con los activos físicos de la compañía, para este caso en específico, son los buses que componen la flota de la compañía, esta herramienta contiene información relevante, que, al ser analizada, ayudará en la toma de las mejores decisiones para la organización.

Por último, en este trabajo de investigación, se puede encontrar una serie de indicadores que son sugeridos para que sean implementados por la organización, con el fin de mejorar la gestión de sus

procesos y de su análisis y gestión, se deriven acciones que puedan garantizar la continuidad operativa de la empresa.

En resumen, es un modelo integral que, al ser trabajado en todos sus aspectos, será una gran herramienta para la mejora de todos los procesos de la organización.

LOS AUTORES

Abstract:

In this investigation work, an exploration of various issues related to the implementation and development processes of maintenance plans that take into account in their design the application of a model for maintenance plans in transport fleets is developed.

Information will be found on the theoretical framework related to the object of this monograph, the state of the art and in the development of the document, methodologies such as the radar audit technique are addressed, in which the assessment of different management aspects at the department in the company, and according to the assessment obtained, measures are taken by the company, as will be addressed in chapter 7, the radar audit makes a visual evaluation system, in which the company can easily identify of the valued points, in which it must take actions in order to be able to meet its objectives and in which it has strengths and must continue to preserve.

As a second relevant aspect, the researchers develop a computer tool, so that, when used by the company, it helps to manage everything related to the physical assets of the company, for this specific case, they are the buses that make up the fleet of the company, this tool contains relevant information, which, when analyzed, will help in making the best decisions for the organization.

Finally, in this research work, you can find a series of indicators that are suggested to be implemented by the organization, in order to improve the management of its processes and its analysis and management, actions are derived that can guarantee business continuity.

In summary, it is a comprehensive model that, when worked on in all its aspects, will be a great tool for improving all the organization's processes.

THE AUTORS

Palabras Claves:

AMEF: Método cuantitativo de análisis de la confiabilidad, consiste en estudiar los modos de falla que pueden existir en cada sub elemento.

Confiabilidad: Probabilidad en que un sistema opere satisfactoriamente sin fallos, durante un periodo, operando en condiciones normales.

Indicador: Señal que sirve para aportar un dato o información sobre una cosa.

Mantenibilidad: Probabilidad de una planta o equipo, sea restablecida a una condición específica dentro de un periodo de tiempo dado, usando recursos determinados.

Mantenimiento: Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, maquinas e industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente

Parada: Situación de una entidad cuando no está en operación porque no necesita o porque no se encuentra en condiciones de utilización.

Programa: Conjunto de instrucciones ordenadas correctamente que permiten realizar una tarea o trabajo específico.

Sostenibilidad: Característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

Glosario

Anomalía: Irregularidad, anormalidad o falta de adecuación a lo que es habitual.

Calidad: Es una herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

Ciclo de Vida: Pérdida o reducción de un cierto número de mercancías o de la actualización de un stock que provoca una fluctuación.

Clasificación: Acción o el efecto de ordenar o disponer.

Efectividad: Capacidad de lograr un efecto deseado, esperado o anhelado.

Eficacia: Capacidad de la causa eficiente para producir su efecto.

Eficiencia: Capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viable.

Estrategia: Conjunto de acciones planificadas sistemáticamente en el tiempo que se llevan a cabo. para lograr un determinado fin o misión.

Gestión: Llevar a cabo diligencias que hacen posible la realización de una operación comercial o de un anhelo cualquiera.

Implementación: Realización de una aplicación, o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación, estándar, algoritmo o política.

Mantenimiento: Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición específica.

Metodología: Conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar una gama de objetivos.

Productividad: Relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

Rutina: Costumbre o un hábito que se adquiere al repetir una misma tarea o actividad muchas veces.

Utilidad: Criterio para encontrar el punto óptimo de eficiencia.

TABLA DE CONTENIDO

Glosario	12
Introducción	20
2. Problema de Investigación:	21
2.1. Descripción Del Problema:	21
2.1.1 Planteamiento Del Problema de Investigación:	22
2.1. Formulación Del Problema De Investigación:	23
2.2. Alcance Del Problema.	23
3. Objetivos de la Investigación:	24
3.1. Objetivo General	24
3.2. Objetivos Específicos:	24
4. Justificación y Delimitación de la Investigación:	25
4.1 Justificación	25
4.2 Delimitación	27
4.3. Limitación	28
· 4.3.1 Limitaciones Económicas	28
· 4.3.2 Limitaciones Legales	28
· 4.3.3 Limitaciones de Tiempo	28
5. Marco de Referencia de la Investigación:	29
5.1 Estado Del Arte	29
5.1.1 Estado del arte local:	29
5.1.1.3 Aplicación De Los Pilares Del TPM Para La Mejora En El Mantenimiento De La Flota De ETIB S.A.S.	30
5.1.1.4 Análisis De Costos Del Mantenimiento De Ejes Cardánicos En Buses Del SITP, Basado En Pruebas De Movimiento Radial Y Axial	31

5.1.1.5	Elaboración De Una Propuesta Para Implementar Un Sistema De Mantenimiento Inteligente. Caso De Estudio: Una Flota Del SITP Del Fabricante DAIMLER COLOMBIA S.A.	31
5.1.1.6	Propuesta De Ajuste Al Plan De Mantenimiento Para Autobuses Eléctricos Caso De Estudio: modelo BYD B13S01 Del Sistema Integrado De Transporte Público De La Ciudad De Bogotá.	32
5.1.1.7	Propuesta De Aplicación De Un Modelo De KPI's Orientado Al Proceso De Mantenimiento De Los Vehículos Biarticulados De La Flota Perteneciente A CapitalBus.	32
5.1.2	Estado del arte Internacional:	33
5.1.2.2	Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Productividad En Una Empresa De Transporte En El Distrito De Ate – 2020.	33
5.1.2.3	Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Para La Flota Vehicular MEGALOG	34
5.1.2.4	Implementación Del Mantenimiento Productivo Total (TPM) Para Incrementar La Productividad De La Empresa Transportes Ríos. Universidad César Vallejo, Perú. Analy Rodríguez, Hellen Rodríguez. Año 2019.	35
5.3	Marco Teórico	37
5.3.1	TPM (Total Productive Maintenance)	38
5.4	Marco Legal	43
5.4.1	Marco Legal Nacional	43
5.4.2	Marco legal Internacional	46
6.	Tipo de Investigación:	48
6.1	Tipo De Investigación:	48
6.2	Fuentes de Obtención de la Información:	49
6.2.1	Fuentes Primarias de la información:	49
6.2.2	Fuentes Secundarias de la información:	49
7.	Desarrollo Metodológico	50
7.1	Desarrollo De Auditoría De Mantenimiento Por Radar:	50
7.1.1	Confiability:	52
7.1.2	Disponibilidad:	52

7.1.3	Historial Del Equipo:	53
7.1.4	Indicadores De Mantenimiento:	53
7.1.5	Información técnica:	53
7.1.6	Ingeniería de Mantenimiento:	53
7.1.7	Mantenimiento correctivo:	54
7.1.8	Mantenimiento Preventivo:	54
7.1.9	Mantenimiento Predictivo:	54
7.1.10	Órdenes de trabajo:	54
7.1.11	Planeación-Programación:	55
7.1.12	Repuestos	55
7.2	Para El Caso Del Desarrollo Del Objetivo Específico N°2	55
7.3	Para El Caso Del Objetivo Específico N°3, En El Cual Se Plantea Proponer Los Indicadores De Gestión, Los Autores Plantean Los Sigüientes KPI's O Indicadores De Gestión:	63
7.3.1	Indicador MTBF (Mean Time Between Failures) o Tiempo Promedio entre fallas:	63
7.3.2	Indicador MTTR (Mean Time to repair) O Tiempo Promedio Para Reparar:	66
7.3.3	Indicador De Disponibilidad:	68
7.3.4	Relación Preventivo/ Correctivo:	70
7.3.5	Indicador de Confiabilidad:	71
8	ANÁLISIS FINANCIERO	72
8.1	Inversión:	73
8.2	Lucro Cesante Diario Por Tipología Para El Año 2022:	73
8.3	Calculo Promedio De Lucro Cesante En Los Primeros Diez Meses De Operación:	74
8.4	Proyección De Ahorro Posterior A La Implementación:	74
8.5	Retorno De La Inversión:	75
	Conclusiones	76
	Recomendaciones	77
	Bibliografía	78

Cibergrafia

81

LISTA DE FIGURAS:

Figura # 1	Política de mejoramiento de la calidad del aire	Pág. 24
Figura # 2	Mapa de zonas de circulación de los buses del SITP	Pág. 25
Figura # 3	Tipos de investigación	Pág. 45
Figura # 4	Auditoría de mantenimiento por radar	Pág. 48
Figura # 5	Información de la pestaña RPT01 aplicativo	Pág. 52
Figura # 6	Información de la pestaña RPT01 (2) aplicativo	Pág. 53
Figura # 7	Información de la pestaña RPT01 (3) aplicativo	Pág. 54
Figura # 8	Información de la pestaña RPT01 (4) aplicativo	Pág. 55
Figura # 9	Información de la pestaña RPT01 (5) aplicativo	Pág. 56
Figura # 10	Información de la pestaña RPT01 (6) aplicativo	Pág. 57
Figura # 11	Información de la pestaña RPT01 (7) aplicativo	Pág. 58
Figura # 12	Indicador de MTBF	Pág. 59
Figura # 13	Actividades de mantenimiento de acuerdo con el MTBF	Pág. 60
Figura # 14	Fórmula del MTBF	Pág. 61
Figura # 15	Fórmula de cálculo del MTTR	Pág. 62
Figura # 16	Representación gráfica del MTTR	Pág. 62
Figura # 17	Representación gráfica del MTTR	Pág. 64
Figura # 18	Representación gráfica de la disponibilidad	Pág. 65
Figura # 19	Relación Preventivo/Correctivo	Pág. 66
Figura # 20	Formula de Indicador de Confiabilidad R	Pág. 67
Figura # 21	Información de inversión propuesta para la implementación del Plan de mantenimiento	

Figura # 22	Costos del Lucro cesante diario de Cada una de las Tipologías de Buses	Pág. 69
Figura # 23	Costos del Lucro cesante Anual de Cada una de las Tipologías de Buses	Pág. 69
Figura # 24	Proyección de Beneficios económicos para la empresa al implementar el plan de Mantenimiento	Pág. 70
Figura # 25	Cálculo de indicador de Retorno de Inversión	Pág. 70

Introducción

A partir de un mundo globalizado y rodeado de una revolución industrial y tecnológica, los diferentes gremios de todos los sectores han visto la necesidad de migrar e innovar con nuevas energías sostenibles y familiarizarse con el dinamismo de las actividades industriales, de allí parte la necesidad de optimizar tiempos de producción, mantenimiento y servicios, en donde se presentan infinidad de variables que influyen en el desarrollo de los procesos, una de ellas es la disponibilidad y confiabilidad de los activos de la compañía.

Mueve Fontibón S.A.S. como una de las compañías en la prestación de servicios de transporte y responsable con el medio ambiente, busca la mejora continua en sus procesos y servicios, por ende, abre la puerta a los distintos gerentes de la empresa, con el fin de recibir propuestas en pro del cumplimiento de los objetivos, para el crecimiento de la compañía. Desde el área de mantenimiento se lanza la propuesta de modelo de mantenimiento con el fin de buscar la mejora en el sector de mantenimiento y el cero averías, dado que los indicadores principales de mantenimiento como el MTTR (tiempo medio de reparaciones) y el MTTF (tiempo medio entre fallas) presentan una tendencia negativa que afecta principalmente a la disponibilidad y confiabilidad. El pilar planificador de mantenimiento presenta objetivos específicos enfatizados en la reducción en los tiempos de reparación y eficiencia en cada proceso u operación

Un modelo de mantenimiento es bastante útil para una flota de buses puesto que en cada etapa que se pone en práctica se compila información tanto técnica como administrativa que permite evaluar

el estado del activo y establecer criterios de evaluación para su constante seguimiento planteando metas y definiendo métodos de resultados.

2. Problema de Investigación:

2.1. Descripción Del Problema:

Los sistemas de transporte han evolucionado en conjunto a las ciudades y con ello la tecnología en los vehículos. Con el cambio en las tecnologías las necesidades de disponibilidad y mantenibilidad han aumentado, lo cual hace imperativo mantener los servicios en óptimas condiciones para brindar un servicio de calidad.

Este cambio de paradigma en el transporte público debe estar acompañado de medidas para el futuro, a partir de metodologías involucradas con la mejora continua en el área de mantenimiento, acorde a las necesidades de disponibilidad de los buses y a las necesidades propias de los vehículos. En la compañía se presentan dificultades en la compilación, seguimiento de información y datos de cada uno de los buses de la empresa, ya que están presentando averías de manera repetitiva en donde la información no es diligenciada de forma correcta en las hojas de vida de los vehículos. La falta de indicadores, y lecciones aprendidas en el área, son acontecimientos que han generado diferentes aspectos negativos, como la baja confiabilidad de los buses, la disminución de los tiempos entre fallas y reparaciones cada vez más constantes lo cual hace que la disponibilidad de la flota se vea comprometida.

2.1.1 Planteamiento Del Problema de Investigación:

Mueve Fontibón S.A.S., una empresa de concesión del Transporte público en el sistema integrado de transporte SITP, proporciona la operación de los buses eléctricos en la zona Suroccidental de la capital del país. La empresa entró en operación el 12 de febrero del 2022, y cuenta con un plan de mantenimiento basado en las sugerencias de los fabricantes BYD y Busscar de Colombia, en cuanto a periodos de mantenimiento y operación de los vehículos.

Actualmente la compañía no cuenta con una metodología en pro del beneficio en cuanto a la mejora en la tendencia de indicadores, ejemplo de ello es que no se tiene una relación de los costos de mantenimiento versus facturación y valores de reposición, no se lleva el control riguroso del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio entre reparaciones (MTTR), indicadores que se deben llevar en el radar dado la importancia que estos representan en el desarrollo y conservación de los activos (Buses). Se debe tener clara la relación que tiene este tipo de actividades no realizadas ya que de cierta manera cada una de ellas es dependiente de la otra, es claro decir que aumentando el tiempo medio entre fallas aumentará en tiempo medio de reparaciones.

Por otro lado, los buses de la compañía han empezado a presentar dificultades técnicas en operación, perdiendo así la confiabilidad de los activos de la empresa, siendo así se puede aterrizar la relación de los hechos y las explicaciones del porqué de la tendencia negativa del indicador de confiabilidad

2.1. Formulación Del Problema De Investigación:

En virtud de lo anterior, el presente trabajo se enfatiza en el seguimiento, y control de indicadores KPI'S en pro de la conservación de los buses de la compañía; por lo tanto, el estudio busca responder el siguiente interrogante:

¿Cómo garantizar la confiabilidad de la flota de buses de la empresa Mueve Fontibón S.A.S.?

2.2. Alcance Del Problema.

La propuesta de modelo de mantenimiento se desarrolla en las instalaciones de la Empresa de Transporte Mueve Fontibón S.A.S., ubicada en las inmediaciones del Aeropuerto el Dorado de la localidad de Fontibón, donde la empresa tiene su centro de operaciones.

La propuesta está enfatizada en la mejora del área de mantenimiento y limitada a la aprobación de los entes directivos, dado que cierta información es de índole confidencial.

3. Objetivos de la Investigación:

3.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de mantenimiento para la flota de Mueve Fontibón S.A.S., buscando con su aplicación por parte de la empresa, disminuir los tiempos de espera en la ejecución y mejorar la eficacia del proceso de mantenimiento en la organización.

3.2. Objetivos Específicos:

- Diagnosticar el estado actual del departamento de mantenimiento de la flota de vehículos de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., mediante una auditoría por radar, con la finalidad de determinar la posición de la compañía para cada aspecto evaluado al respecto de una condición ideal que la compañía quiera alcanzar.
- Monitorear y Controlar el Software de Mantenimiento ODOO, con el fin de gestionar las fallas y los diferentes tipos de mantenimiento que se presenten en la compañía.
- Proponer los indicadores de gestión, que más se adapten a las necesidades y manera de operación del departamento de mantenimiento de la empresa Mueve Fontibón S.A.S.

4. Justificación y Delimitación de la Investigación:

4.1 Justificación

En la actualidad los sistemas masivos de transporte son esenciales en las ciudades de gran tamaño y densidad poblacional como lo es la ciudad de Bogotá. La empresa Mueve Fontibón S.A.S. conoce las necesidades de movilidad de la población Bogotana por lo cual introduce al Sistema integrado de Transporte una flota de autobuses eléctricos, cero emisiones contaminantes.

Como lo indica el reporte del Ministerio de Salud, en Colombia se atribuyen 17.549 muertos a factores de riesgo Ambiental, siendo 15.681 muertes asociadas a la mala calidad del Aire. A su vez el Departamento Nacional de Planeación, estima que la mala calidad del aire es la causa de 8.000 fatalidades anuales, con un costo aproximado de 12,2 billones de pesos, lo cual equivale al 1,5% del PIB. (Boletín de Prensa No 872 de 2021) (*Minsalud comprometido con la calidad del aire.html*, s. f.). El gobierno nacional siendo consecuente con esta problemática decreta la Ley 1964 del 2019, en la promociona la implementación de vehículos eléctricos en el transporte público. Adicional el Concejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) estipula la política de mejoramiento de la calidad de aire mediante la resolución COMPES 3943 del 2018, el cual define que el Sistema de Transporte masivo para el año 2028 debe ser 100% eléctrico. (*Calderón et al. - CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CO.pdf*, s. f.)

Figura 1. Ilustración Resolución COMPES 3943 del Ministerio de Ambiente



Fuente: (Calderón et al. - *CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CO.pdf*, s. f.)

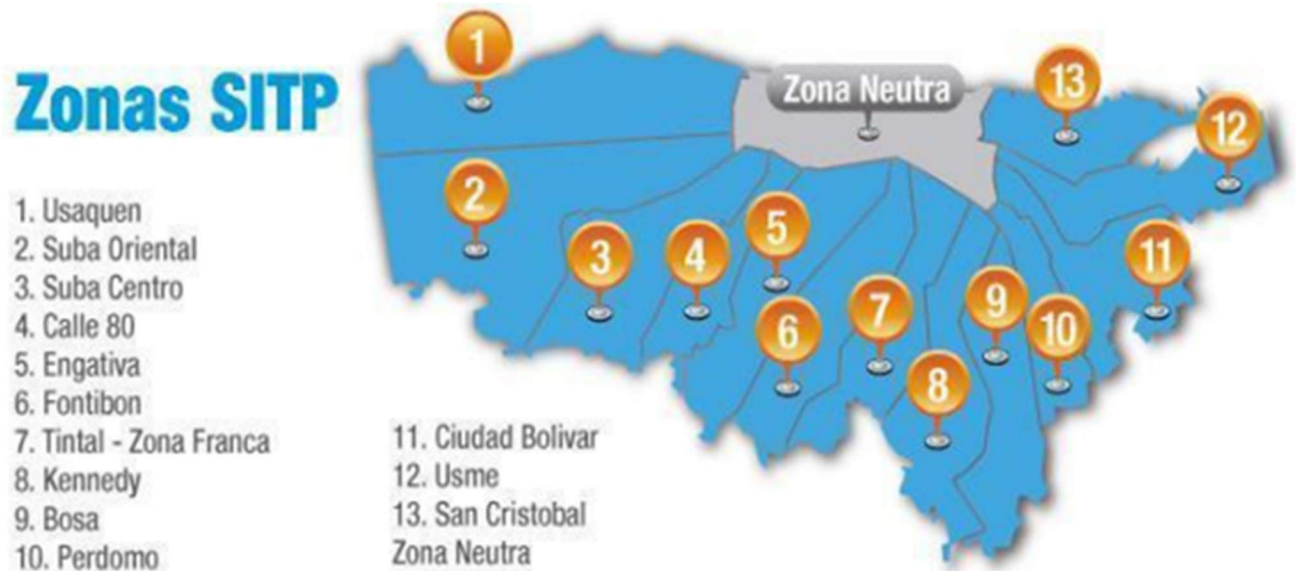
Teniendo como base las metas sociales, ambientales y sociales de la nación, la empresa Mueve Fontibón S.A.S. introduce 172 buses eléctricos al Sistema Integrado de transporte público SITP, los cuales según declaraciones de la alcaldesa mayor de la ciudad Claudia López la flota de buses eléctricos del concesionario Mueve Fontibón S.A.S. equivaldría a sembrar 148.000 árboles que capturarían 3.200 toneladas de CO₂ (artículo portal bydauto.com.co del 2022)(*BYD entrega la flota de buses eléctricos más grande de Colombia _ BYD Colombia.html*, s. f.).

Con este trabajo de investigación se propone un modelo de mantenimiento para la flota de buses eléctricos de la compañía.

4.2 Delimitación

Este trabajo se realizará desde febrero del 2022, para los autobuses eléctricos vinculados en el componente zonal del sistema Transmilenio. La propuesta académica se desarrollará con el análisis de las zonas de operación asignadas para la flota eléctrica.

Figura 2. Mapa Zonas de circulación de los Buses SITP Eléctricos



Transmilenio. «Mapa de SITP <https://www.sitp.gov.co/publicaciones/40076/mapas-del-sitp/>». s. f.

4.3. Limitación

La empresa Mueve Fontibón S.A.S., es un consorcio que inicia operaciones el 12 de febrero del año 2022. En la actualidad cubre rutas urbanas en las localidades de Engativá, Fontibón, Kennedy, Chapinero, Suba y Rafael Uribe Uribe, contribuyendo de manera positiva la vida de cientos de miles de personas diariamente, con buses de última tecnología y con menores impactos ambientales a la ciudad.

- **4.3.1 Limitaciones Económicas**

Este proyecto está financiado netamente por los integrantes del trabajo de investigación, la empresa Mueve Fontibón S.A.S. proporcionará la información necesaria para realizar la consecución de la investigación.

- **4.3.2 Limitaciones Legales**

Este trabajo de investigación es netamente académico ya que lo que se busca es cumplir uno de los requisitos para optar por el título de especialista en gerencia de mantenimiento.

- **4.3.3 Limitaciones de Tiempo**

Es de considerar que los autobuses operan alrededor de 18 horas al día, por lo que es indispensable plantear los ajustes necesarios al plan de mantenimiento integrando las nuevas actividades del modelo de mantenimiento propuesto.

5. Marco de Referencia de la Investigación:

5.1 Estado Del Arte

5.1.1 *Estado del arte local:*

Se investigaron las siguientes monografías realizadas por estudiantes de la Universidad ECCI, las cuales tienen relación directa con el desarrollo de esta investigación:

5.1.1.1 **Propuesta De Optimización Del Plan De Mantenimiento Dara Disminuir Los**

Varados En Vía De La Flota De Buses De La Empresa ETIB S.A.S. En la Universidad ECCI. Los estudiantes Anderson Jey Ramos Franco, Andrés David Espinel Ballesteros y Julián David Rodríguez Aguilar, en el año 2021, generan el documento de trabajo de grado sobre la *“Propuesta de Optimización del Plan de Mantenimiento para Disminuir los Varados en Vía de la Flota de Buses de la Empresa ETIB S.A.S.”*. Se selecciona este trabajo de grado porque realizan un análisis de las metodologías del TPM Mantenimiento Productivo Total, en forma de Pareto para identificar cual sería la mejor estrategia de implementación y en que pilar trabajar inicialmente para reducir las paradas no programadas de la flota de buses. Adicional que siendo un caso de estudio de una empresa de transporte publico de la ciudad de Bogotá, reflejara algunos problemas técnicos de los buses en las calles de la ciudad.

5.1.1.2 Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte

público Caso de estudio “Autobús Zonal Clase I”. Universidad ECCI. Rafael Antonio

Cárdenas Malagón, Andrés Leonardo Bocanegra Ramírez y Sergio Eduardo Moreno Ramírez.

Año 2019.

Los estudiantes de Posgrado de Mantenimiento de la Universidad ECCI generan el documento Trabajo de grado “*Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público Caso de estudio “Autobús Zonal Clase I”*”. Seleccionamos este trabajo de grado porque maneja la metodología de mantenimiento RCM, y teniendo en cuenta el análisis de Modo de fallas se puede determinar las fallas más críticas a los elementos de los buses.

5.1.1.3 Aplicación De Los Pilares Del TPM Para La Mejora En El Mantenimiento De La

Flota De ETIB S.A.S. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Catherine Domínguez

Torres y Ingrid Catherine Páez Rico. Año 2019.

En el año 2019, las estudiantes de Posgrado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas quienes produjeron el documento “*Aplicación de los pilares del TPM para la mejora en el mantenimiento de la flota de ETIB S.A.S.*”. Este trabajo de grado es muy importante en la consecución de este proyecto, debido a que indican como pueden ser implementados los pilares de la metodología de mantenimiento de TPM, adicional este proyecto es implementado en la ciudad de Bogotá, en las condiciones ambientales y de vías como opera la flota de nuestro estudio.

5.1.1.4 Análisis De Costos Del Mantenimiento De Ejes Cardánicos En Buses Del SITP, Basado En Pruebas De Movimiento Radial Y Axial. Universidad ECCI. Félix Antonio Botero y Roger Enrique Escobar. Año 2019.

Los ingenieros de la Universidad ECCI, en el año 2019, generaron el documento trabajo de grado “Análisis de costos del mantenimiento de ejes cardánicos en buses del SITP, basado en pruebas de movimiento radial y axial”, este tema de trabajo de grado es importante, desde el punto de vista Financiero. El análisis de datos, de costos y variables a tener en cuenta en nuestro proyecto. Teniendo y realizando los datos de fallas previas, se podría llevar una estadística de fallas y priorizar los gastos en el departamento de Mantenimiento.

5.1.1.5 Elaboración De Una Propuesta Para Implementar Un Sistema De Mantenimiento Inteligente. Caso De Estudio: Una Flota Del SITP Del Fabricante DAIMLER COLOMBIA S.A. Universidad ECCI. Juan David Montañez Bohórquez y Danny Joan Soto López. Año 2022.

En el 2019, los estudiantes de posgrado de Gerencia de Mantenimiento generan el documento de trabajo de grado “*Elaboración de una propuesta para implementar un sistema de mantenimiento inteligente. caso de estudio: una flota del SITP del fabricante DAIMLER COLOMBIA S.A.*”, la cual se selecciona, debido a que contiene datos que podemos comparar entre los consorcios del sistema interconectado de Transporte SITP. También podemos ver si las fallas del consorcio Mueve Fontibón S.A.S. son similares a los del consorcio Daimler, y determinar si pudiese haber una correlación con las fallas presentadas en su flota de buses.

5.1.1.6 Propuesta De Ajuste Al Plan De Mantenimiento Para Autobuses Eléctricos Caso De Estudio: modelo BYD B13S01 Del Sistema Integrado De Transporte Público De La Ciudad De Bogotá. Universidad ECCI. Julián Parra, Zamir Torres y Sergio Porras. Año 2022.

En el 2022, los estudiantes de posgrado de Gerencia de Mantenimiento generan el documento de trabajo de grado *“Propuesta de ajuste al plan de mantenimiento para autobuses eléctricos caso de estudio: modelo BYD B13S01 del sistema integrado de transporte público de la ciudad de Bogotá”*, en la Universidad ECCI; presenta la problemática del mejoramiento del plan de mantenimiento de los buses BYD B13S01, en donde se tienen en cuenta factores externos que no se tienen en cuenta en otros países de la región. Este trabajo de grado evalúa las metodologías existentes en la gestión de mantenimiento como lo es TPM y RCM entre otras, para determinar la mejor opción de una futura implementación.

5.1.1.7 Propuesta De Aplicación De Un Modelo De KPI’s Orientado Al Proceso De Mantenimiento De Los Vehículos Biarticulados De La Flota Perteneciente A CapitalBus. Universidad ECCI. Wilson Antonio Munar Gómez, Rodrigo Andrés García Rico, Luis Felipe Durango Prado. Año 2021.

En el 2022, los estudiantes de posgrado de Gerencia de Mantenimiento generan el documento de trabajo de grado *“Propuesta de aplicación de un modelo de KPI’S orientado al proceso de mantenimiento de los vehículos biarticulados de la flota perteneciente a Capitalbus”*, se presenta la propuesta de aplicación de la metodología de KPI’s, en donde se pueden determinar diversos Issus de mantenimiento pendientes de solucionar. Este texto está centrado en indicadores y están

alineados en el cumplimiento de los requisitos en cuatro focos institucionales: gestión de mantenimiento, objetivos estratégicos, plan estratégico de gestión de activos y seguimiento a la evaluación integral de calidad.

5.1.2 Estado del arte Internacional:

5.1.2.1 Análisis de la propuesta de incentivos para implementar buses eléctricos en el transporte público de Lima: viabilidad normativa y económica desde el sector privado y público. Universidad ESAN, Perú. Duwal Telesforo Bellido Chipana, Gustavo De La Cruz Jo, Jhon Alexander Hidalgo Cajachagua, Luis Alberto Ore Salvatierra y Luis Alberto Taype Enciso. Año 2018.

En las políticas CONPES 3943 en las cuales están inmersas. todas las entidades ministeriales del estado, se tiene la preocupación de mejorar la calidad del aire con reducciones de gases contaminantes para el 2030. Entre esas estrategias se tiene la reducción de gases contaminantes de fuentes móviles como lo son los buses de transporte público. Esta investigación realizada en Perú nos orientará hacia la implementación de energías limpias en el transporte público.

5.1.2.2 Implementación De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Productividad En Una Empresa De Transporte En El Distrito De Ate – 2020. Universidad César Vallejo, Perú. Carlos Javier Cervantes Vásquez, Gianella Belén Neyra Garay. Año 2020.

Este trabajo de grado se selecciona, por ser una investigación que generó positivamente a la empresa de transporte y a la comunidad del Distrito Ate en las inmediaciones de Lima – Perú. Mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo aumentaron la disponibilidad de las unidades, mejorando el control del estado de las unidades mediante fichas técnicas, reduciendo los tiempos muertos de las unidades y jornada laboral de los operadores por fallas mecánicas, desarrollando un procedimiento para la técnica de trabajo a realizar para optimizar la productividad en la empresa de transporte. Por medio de la implementación del plan de mantenimiento se logró incrementar la productividad mediante las dos dimensiones, se desarrolló diagramas de flujos para mejorar la forma de trabajo que se llevaba aplicando, ello se vio manifestado en los resultados obteniendo un incremento en la eficacia de 8.9% respecto a la eficiencia se observó un incremento de 9.2%, finalmente la productividad aumento de un 73.5% a un 89.7%.

5.1.2.3 Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Para La Flota Vehicular MEGALOG.

Universidad Pontificia de Valencia, España. Hamid Allali, Año 2006.

Esta tesis de maestría presenta la problemática presentada por la empresa MEGALOG en Marruecos, la cual comprende vehículos ligeros como pesados y maquinaria de obras públicas. Teniendo en cuenta los recursos existentes, humanos, físicos y tecnológicos se llevan a cabo cambios en la adquisición de datos para tener parámetros técnicos y económicos.

Se escoge este trabajo de maestría por ser la implementación de un plan de mantenimiento realizado en Europa e implementado en Marruecos (África) teniendo todas las dificultades de implementación como las podremos tener en nuestro país.

5.1.2.4 Implementación Del Mantenimiento Productivo Total (TPM) Para Incrementar La Productividad De La Empresa Transportes Ríos. Universidad César Vallejo, Perú. Analy Rodríguez, Hellen Rodríguez. Año 2019.

Este trabajo de grado presentado en la Facultad de Ingenierías de la Universidad César Vallejo describe el diseño de un plan de mantenimiento teniendo en cuenta la metodología de mantenimiento TPM (mantenimiento productivo total) en la empresa Transportes Ríos de la Ciudad de Lima – Perú. En esta investigación se dieron cuenta que había exceso de mantenimientos correctivos o no planeados, no se realizan inspecciones periódicas, falta de procedimientos de mantenimiento y operación, un bajo stock de repuestos en sus bodegas, y falta de orden y limpieza en el departamento de Mantenimiento. Lo que lograron después de la implementación es un incremento del 20,04% de la productividad en la empresa.

5.1.2.5 Propuesta De Implementación De Un Plan De Mantenimiento Productivo Total (TPM) Para Reducir Costos Operativos En La Empresa De Transportes Días S.A.C.

Universidad Privada del Norte, Perú. Omar Jherson Sánchez Roldan. Año 2021.

El trabajo de grado presentado en el año 2021, en la facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte; expone la investigación de los impactos de la implementación de un plan de

mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa de transporte Días S.A.C. con el supuesto de que los costos operacionales se reducirían. Durante el desarrollo de la investigación pudo calcular las pérdidas mensuales; una vez identificadas las áreas de mejora y con ayuda de la implementación de los pilares de TPM se determina que tienen un ahorro en los costos operativos de la empresa.

5.1.2.6 Propuesta De Mejora De La Gestión De Mantenimiento Basada En El TPM Para Evaluar El Efecto En La Disponibilidad De Flota En La Operación Remota Saus Acocha, De La Empresa Automotriz. Universidad Privada del Norte, Perú. Rodolfo Luis Fernando Davila Gutiérrez, José Luis Davalos Ayay. Año 2019.

En el trabajo de investigación presentado en el 2019, se realiza el análisis de la situación de la empresa. Una vez determinada la situación actual de la Flota de la empresa Sausacocha, determinan que los fallos en la organización se deben a factores de indisponibilidad de gestión de recursos, la ineficacia de la gestión de los recursos humanos y los proveedores de servicio. Focalizando en los recursos al departamento de Mantenimiento, y teniendo en cuenta los datos de los indicadores como Tiempo medio entre fallas, y tiempo medio entre paradas; lograron aumentar la disponibilidad de la flota, aumentando las utilidades y los costos en inventarios. También se redujeron los tiempos de paradas no programadas y el tiempo medio de espera. Esto gracias a la implementación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

5.1.2.7 Modificación De Plan De Mantenimiento Para Los Buses BYD K9FE. Universidad Técnica Federico Santa María, Chile. Ignacio Andrés Canales Venegas, Felipe Antonio Jorquera Garrido. Año 2018.

En el trabajo de grado, fue realizado por las problemáticas presentadas en el sistema de transporte masivo de Villa del Mar en Chile. Los proponentes proponen la modificación del plan de mantenimiento de los Buses BYD K9FE, debido a que el plan de mantenimiento actual se basa en las recomendaciones del Fabricante es China.

5.2.1.8 Implementación Del TPM Para La Mejora De La Disponibilidad De Las Máquinas En La Empresa De Mecánica Automotriz, Lima. Universidad César Vallejo, Perú. Gisela Rosario, José Yobani de la Cruz Quispe. Año 2021.

El trabajo de grado presentado en el 2021 plantea como objetivo implementar el TPM para mejorar la disponibilidad de las máquinas de la empresa de mecánica automotriz. En este estudio fue el enfoque cuantitativo, aplicado, descriptivo y preexperimental.

5.3 Marco Teórico

Para poder orientarnos y soportar este trabajo de grado es necesario analizar la estrategia del TPM y aplicar directamente uno de sus pilares en el área de mantenimiento, esto con el fin de encaminar adecuadamente la idea planteada hacia el logro de los objetivos, en busca de un resultado positivo que aporte al proceso a analizar.

5.3.1 TPM (Total Productive Maintenance)

El TPM es una estrategia usada generalmente en áreas productivas con el propósito de aumentar los indicadores del proceso. En la actualidad existe diversidad de aproximaciones sobre cómo se deben llevar los procesos de gestión y mantenimiento dentro de las organizaciones, parte de la manera cómo resulta más efectivo obtener dividendos en periodos de tiempo contemplado desde una gestión óptima de recursos y la importancia de contar con un cuadro operativo adecuado para dicho propósito, enfocado en la eliminación de pérdidas ocasionadas o relacionadas por averías, tiempos muertos y paradas cortas, maximizando su eficacia.(Parra et al., 2022). El área de mantenimiento demanda una necesidad de atención extra desde la optimización de sus recursos y la generación de ideas que resultan diferenciales en el momento de identificar estrategias de diferenciación en cuanto a mantenimiento, alineación de objetivos, enfocar iniciativas estrategias y determinar la mejor base para poder establecer una revisión de desempeño que genere mejoramiento continuo como base operativa en el proceso. (Soto Cortés, 2018).

Dentro de la filosofía del TPM se busca eliminar seis tipos de pérdidas que disminuyen la productividad de un activo o de la misma empresa, teniendo en cuenta el campo de acción que si bien es variable hay parámetros individuales que operan en los distintos pilares. Específicamente hablando, la gerencia general encamina los distintos procesos de la compañía donde se fundamenta su relación para aplicar la filosofía correctamente (Dominguez & Páez, 2019), las pérdidas a eliminar son:

1. Paros no programados producto de las fallas de los equipos.
2. Tiempos muertos.

3. Detenciones o fallos menores.
4. Equipos con capacidades de funcionamiento no esperadas.
5. Defectos de producción y reprocesos.
6. Procesos iniciales o periodos de prueba.

La metodología del TPM está sustentada en ocho pilares fundamentales que por su diversidad de enfoques logran establecer un parámetro de diversificación que brinda direccionamiento a las empresas. Para poder explotar su potencial y desarrollar crecimiento enfocados en lograr objetivos de eliminación de pérdidas, y construir un sistema de producción ordenado. (Villegas et al., 2019)

¿Qué se busca con el desarrollo de metodologías de mejoramiento continuo?, incrementar el MTBF, permitiendo satisfacer necesidades de operación y la importancia de optimizar el funcionamiento constantemente para tener bases sólidas de eficacia desde el momento de recepción hasta la entrega de los vehículos como base procedimental del área al momento de presentarse fallas en los equipos. Se entiende que dentro del factor de transporte y prestación del servicio la calidad de los procesos es un palé que diferencia los resultados en relación a los procesos, principalmente por el valor agregado que asume generar ventajas competitivas dentro de la prestación de servicios y lograr mantenerlas con metodologías optimizadas como el mantenimiento planificado, donde las bases de información y los datos que se obtienen de las operaciones realizadas por los equipos, la obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de

mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades, logran generar los resultados esperados al momento de implementar el pilar. (Domínguez & Páez, 2019)

Muchas veces el grado de éxito de la aplicación de modelos como este depende del grado de solidez de los conceptos previos que tiene una organización y mediante los cuales pretende encontrar el parámetro inicial de aplicación, se parte desde la definición de los objetivos y el alcance de los mismos hasta la visión empresarial que se posee sobre la cual se realizará la mejora. Factores como este en sectores como el de mantenimiento acaban determinando tiempos de espera y el grado de variabilidad que se puede generar al plasmar las ideas desde estrategias de optimización de recursos y la manera como se aplican dentro de la organización. (Burgos Peñafiel, 2018).

En el caso del mantenimiento resulta ser muy importante encontrar el punto de balance entre las estrategias que se formulan y la manera como se aplican en busca de generar rentabilidad y poder obtener fluidez dentro de los procesos, una adecuada planificación acaba siendo clave en este aspecto y el contexto del pilar de mantenimiento planeado aporta a su vez bases de comunicación y capacidad de unidad por el hecho que asume la palabra como factor de aporte en la generación de ideas y su posterior discusión dentro de los procesos productivos. (Burgos Peñafiel, 2018).

Hay una importancia marcada en los detalles y la manera cómo influyen en el proceso y el éxito del modelo, “Los indicadores de gestión se convierten en los “signos vitales” de la organización, y su

continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades.” (Burgos Peñafiel, 2018, p.45). Los indicadores resultan ser relacionales a todos los procesos de las organizaciones, puede establecer la rapidez o lentitud de un servicio como la posibilidad de mejorar los procesos de recepción y gerencia de procesos de mantenimiento de manera eficaz. Parámetros básicos como la estrategia corporativa, el diseño de una cultura y la capacidad de adaptación al cambio juegan un papel fundamental dentro de este tipo de cambios, son muy exitosos, pero manejan criterios previos que deben operar de la manera correcta para garantizar el mejor resultado posible.

Muchas empresas suelen estar determinadas desde metodologías que ofrecen un valor desde el avance y la optimización de recursos, pero caen en detalles de funcionamiento desde limitaciones operativas, generalmente lo que sucede es que los métodos que se usan ofrecen visiones muy generales con pasos a seguir que son vistos como pautas más no como opciones objetivas que logran acoplarse a las necesidades de cada sector y la manera como se deben obtener los objetivos. Se entiende que no se trata de que sean bases negativas dentro de los procesos de crecimiento, solo que a largo plazo se limita la capacidad de este porque no se potencian las habilidades individuales de cada escenario logrando generar diferenciación y crecimiento estructural. (Suzuki, 2001)

Cuando se hace necesario por disposición o necesidad funcional aplicar el pilar dentro de una organización lo que se tiene en cuenta es el grado de profundidad de los pasos para la implementación que definirán los aspectos a manejar dentro del proceso de transformación del departamento de

mantenimiento, se toma como base el enfoque asociado a procesos y a la necesidad de crecimiento para el caso de mantenimiento encontrando pasos a seguir como media de operación. (Shirose, 1994).

En esta implementación se busca generar indicadores de gestión asociados a secuencias de pasos que permitan delimitar cada detalle, así como ofrecer posibilidades de mejoramiento y disposición al cambio basados en los cambios que suele determinar un proceso de acople de modelos de optimización de tareas. La importancia radica en muchos aspectos agregados como el entendimiento que se logra desarrollar desde el primer paso y asumir los cambios de manera coordinada con el proceso, esto no solo dimensiona el alcance del modelo si no que elimina de manera más rápida la constante resistencia al cambio que se suele presentar en modelos con bases metodológicas que son funcionalmente distintos a los demás. (Shirose, 1994)

Como en casi todos los modelos y más en el caso de los modelos que se adaptan a escenarios particulares, la cantidad y la calidad de datos juegan un papel fundamental en la generación de éxito durante la aplicación del modelo, “Para captar la situación actual de punto de partida, se reúnen datos del número de fallos, frecuencias, severidades, MTBF (tiempos medios entre fallos), MTTR (tiempos medios de reparación), costes de mantenimiento, etc. Entonces se establecen objetivos para reducir los fallos a través del mantenimiento planificado.” (Suzuki, 2001). Se hace énfasis en este aspecto por que en los escenarios de falla se puede comprobar que el proceso de recolección de datos es deficiente y por lo tanto el resultado final suele variar desde la calidad de la información y la capacidad de análisis posterior a tabulación.

Las perspectivas que ofrece el pilar se enfocan directamente con los objetivos y a su vez con los indicadores de desempeño que posibilitaron el análisis de los datos para obtener una capacidad de diferenciación óptima. Todos los procesos posteriores suelen ser efectivos toda vez que haya solidez dentro de los procesos previos, como se hacía referencia la aplicación secuencial de pasos se usa para adaptar detalles y establecer evaluación de objetivos con indicadores.(Suzuki, 2001).

Finalmente, el Mantenimiento Planificado es una metodología muy efectiva pero que debe aplicarse con mucha certeza del proceso y con un nivel de supervisión sólido para poder encontrar el mejor resultado posible, dentro del contexto operativo y la relación desde los departamentos y procesos es una opción muy interesante que permite optimizar de manera constante los procesos y obtener los objetivos a medida que se transforma la funcionalidad desde la prestación del servicio desde etapas iniciales hasta el resultado final, depende del nivel de supervisión y disposición disponible.

5.4 Marco Legal

5.4.1 Marco Legal Nacional

Ley 336 De 1996; Estatuto General De Transporte. En el Artículo 1, tiene por objetivo unificar los principios y los criterios que servirán de fundamento para la regulación y reglamentación del Transporte Público Aéreo, Marítimo, Fluvial, Férreo, Masivo y Terrestre y su operación en el Territorio

Nacional, de conformidad con la Ley 105 de 1993. La conformidad con la Ley 105 de 1993, y con las normas que la modifiquen o sustituyan. La seguridad, especialmente la relacionada con la protección de los usuarios, constituye prioridad esencial en la actividad del Sector y del Sistema de Transporte. (Congreso de Colombia, 1996)

Decreto 3366 De 2003. En los numerales del 1 al 9, se establecen las infracciones que conllevan a sanciones durante la operación de vehículos de servicio público, es aquí en donde se reglamenta lo que deben cumplir los vehículos que realicen operación de rutas de usuarios públicos, se establece que los vehículos deben cumplir con una serie de requisitos como logotipos de las empresa S.A.S., pólizas especiales, sistemas de información de cobros y permisos de circulación; en el caso del estado mecánico de cada vehículo y su gestión de mantenimiento. (Congreso de Colombia, 2003)

Decreto 1079 De 2015; Decreto Único Reglamentario Del Sector Transporte. Mediante este decreto se realiza la reglamentación para habilitación de las empresas S.A.S. de transporte público en donde se debe garantizar que el servicio es eficiente, confiable, seguro, oportuno y económico y los principios que rigen la sana competencia entre las empresas S.A.S. públicas o privadas. (Congreso de Colombia, 2015)

Ley 1964 De 2019; Por Medio De La Cual Se Promueve El Uso De Vehículos Eléctricos En Colombia Y Se Dictan Otras Disposiciones. La presente Ley tiene por objeto general esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019)

Documento Conpes 3943 Del 2018; Política Para El Mejoramiento De La Calidad Del Aire.

En el Numeral 5.3.1 propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización del parque automotor, la reducción del contenido de azufre en los combustibles, la implementación de mejores técnicas y prácticas en la industria, la optimización de la gestión de la información, el desarrollo de la investigación, el ordenamiento del optimización de la gestión de la información, el desarrollo de la investigación, el ordenamiento del territorio y la gestión del riesgo por contaminación del aire. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

Contrato De Concesión No. 109 De 2021. Contrato con el ente gestor Transmilenio S.A.S donde se establecen los acuerdos, actas, informes y demás normas con las cuales el concesionario de operación y el concesionario de provisión establecen un mutuo acuerdo para vincular los vehículos al servicio público que presta un servicio a la comunidad.

Manual De Niveles De Servicio Para Unidades Funcionales Del Componente Zonal, Del 2021. Manual donde son establecidas las causaciones del contrato, establecen criterios de la forma en que la empresa ha de ser evaluada y calificada trimestralmente por el ente gestor. Es el documento elaborado por Transmilenio S.A., que describe y define los indicadores de medición del Concesionario de Operación, así como los mecanismos para su evaluación y seguimiento. Este será de obligatorio cumplimiento para el Concesionario de Operación.

Manual De Operaciones Componente Zonal. El objeto de este Manual es definir las pautas que deben aplicar tanto el personal de TRANSMILENIO S.A. como los Agentes del Sistema que

intervienen en la operación, internos o externos, para el correcto funcionamiento del Sistema Integrado de Transporte Público SITP en su Componente Zonal, constituido por las rutas Alimentadoras, Urbanas, Complementarias y Especiales.

5.4.2 Marco legal Internacional

Acuerdo De París Del 2015; Convención Marco Sobre El Cambio Climático. Dicho Acuerdo regirá a partir de 2020 y pretenderá mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C, aumentando la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promoviendo la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de carbono. Para lograr las metas acordadas, el Acuerdo de París establece un marco de transparencia reforzado que tiene como fin el fomentar la confianza mutua y promover la aplicación efectiva del Acuerdo, aumentando la claridad y facilitando el seguimiento de los progresos realizados.

Protocolo De Kyoto De 2017; Convención Marco Sobre El Cambio Climático. El Protocolo establece metas vinculantes de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para los países industrializados, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones que hay actualmente en la atmósfera y bajo el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Convención De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático. Brasil 1994. Ratificada por los 33 países de América Latina y el Caribe, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor en marzo de 1994. El objetivo del Convenio es lograr la estabilización

de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. La Convención establece un marco general para los esfuerzos intergubernamentales para hacer frente los desafíos provocados por el cambio climático.

6. Tipo de Investigación:

6.1 Tipo De Investigación:

Gran parte del trabajo adelantado se encuentra en material bibliográfico, trabajos de grado, monografías y artículos de revistas especializadas, dicha información es recopilada, analizada y compilada buscando generar un marco de referencia adecuado, que permita interiorizar y realizar un manejo a profundidad de los conceptos que dan origen a un modelo de mantenimiento que pueda ser utilizado en una compañía de transporte de pasajeros.



Figura # 3. Tipos de Investigación

Fuente: <http://www.gestiopolis.com/canales5/eco/tiposestu.htm>

De acuerdo con lo anterior, el estudio se puede tipificar como de carácter exploratorio y estudio de caso, debido a que busca aclarar la problemática teniendo en cuenta el escrutinio de diversas fuentes

bibliográficas, virtuales y experiencia de profesionales y técnicos con gran trayectoria en el campo del mantenimiento y la aplicación práctica de metodologías en la empresa Mueve Fontibón S.A.S.

6.2 Fuentes de Obtención de la Información:

6.2.1 Fuentes Primarias de la información:

Se tomarán como fuentes primarias para el desarrollo de la investigación, normatividad técnica relacionada, asesoría de profesionales con experiencia en procesos de mantenimiento y evaluación de estos, y la información de algunos planes de mantenimiento.

6.2.2 Fuentes Secundarias de la información:

Las fuentes de tipo secundario a tener en cuenta son los trabajos de grado (tesis o monografías), revistas especializadas, artículos técnicos y bibliografía relacionada.

7. Desarrollo Metodológico

En este capítulo, los autores desarrollan los objetivos específicos, con el fin de dar camino a la propuesta de solución a aplicar en la compañía Mueve Fontibón S.A.S., objeto de estudio de este trabajo de investigación.

7.1 Desarrollo De Auditoría De Mantenimiento Por Radar:

Para este punto, los investigadores desarrollan la siguiente metodología:

Se desarrolla la valoración de 12 ítems en la compañía Mueve Fontibón S.A.S. mediante la técnica de auditoría por radar.

Los ítems evaluados son los siguientes:

- Confiabilidad
- Disponibilidad
- Historial del Equipo
- Indicadores de Mantenimiento
- Información Técnica
- Ingeniería de Mantenimiento
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo
- Órdenes de Trabajo

- Planeación/Programación
- Repuestos

Se obtienen los siguientes resultados:

• Confiabilidad	76 lo sugerido en este indicador es el 85% o superior.
• Disponibilidad	73 lo sugerido en este indicador es 92% o superior
• Historial del Equipo	45
• Indicadores de Mantenimiento	76
• Información Técnica	57
• Ingeniería de Mantenimiento	54
• Mantenimiento Correctivo	56
• Mantenimiento Predictivo	58
• Mantenimiento Preventivo	65
• Órdenes de Trabajo	64
• Planeación/Programación	68
• Repuestos	61

Se grafica con esta información los datos para aplicar la técnica por radar:



FIGURA # 4:

Auditoría de mantenimiento por radar

Fuente: Los autores, adaptado de clase de Gerencia de Mantenimiento 2.

Una vez obtenidos estos resultados, los investigadores proponen las siguientes acciones para cada ítem en particular:

7.1.1 Confiabilidad:

Con valoración numérica de 76: Para este caso, lo que se debe gestionar en la compañía, es el desarrollo del plan de mantenimiento específico para cada bus, aplicar las inspecciones periódicas, las rutinas de mantenimiento con diferentes frecuencias y las tareas básicas de cuidado que cada operador debe realizar al bus asignado.

7.1.2 Disponibilidad:

Con valor numérico 73, como se mencionará más adelante en el numeral 7.3, la mejora de la disponibilidad dependerá de la reducción de las horas por mantenimiento de tipo correctivo, pero también de la adecuada gestión de las actividades de mantenimiento preventivo.

7.1.3 *Historial Del Equipo:*

Es muy importante, que la compañía Mueve Fontibón S.A.S., tramite la data de información correspondiente a la hoja de vida de cada bus en particular, dado que, al ser una empresa nueva se debe comenzar a recopilar esta información para poder gestionar adecuadamente las actividades de cada bus.

7.1.4 *Indicadores De Mantenimiento:*

Como se mencionará en el apartado 7.3 de este trabajo de investigación, es muy importante que la empresa Mueve Fontibón S.A.S., implemente la gestión de indicadores para el departamento de mantenimiento.

7.1.5 *Información técnica:*

Al ser activos físicos nuevos, es muy importante que la información técnica se consigne en un lugar específico, para que cada equipo tenga su información particular y cuando sea requerido se pueda consultar lo necesario para cada intervención en específico.

7.1.6 *Ingeniería de Mantenimiento:*

Es muy importante que la función de administración de mantenimiento desempeñe un rol importante en el funcionamiento de la compañía Mueve Fontibón S.A.S., y para ello se desarrolle la función de Ingeniería de mantenimiento de acuerdo con la necesidad específica de la compañía.

7.1.7 *Mantenimiento correctivo:*

Se valora en este ítem, la gestión que se le da a las actividades de mantenimiento correctivo desarrolladas en la compañía.

7.1.8 *Mantenimiento Preventivo:*

En este ítem evaluado, se califica la gestión que se da a las actividades de mantenimiento preventivo desarrolladas en la compañía Mueve Fontibón S.A.S.

7.1.9 *Mantenimiento Predictivo:*

En este ítem, se califica la gestión de las tecnologías de mantenimiento predictivo aplicadas en la compañía Mueve Fontibón S.A.S.

7.1.10 *Órdenes de trabajo:*

Se valora en este aspecto, la gestión realizada sobre las órdenes de trabajo de cualquier tipo de mantenimiento y la manera de gestionarlas en la compañía Mueve Fontibón S.A.S.

7.1.11 Planeación-Programación:

Con una valoración de 68 puntos, se destaca la importancia de desarrollar este punto en la compañía Mueve Fontibón S.A.S.

7.1.12 Repuestos

En este aspecto se califica la manera de gestionar los repuestos en la compañía Mueve Fontibón S.A.S.

7.2 Para El Caso Del Desarrollo Del Objetivo Específico N°2

Los investigadores desarrollan una herramienta en aplicativo Excel o tabla dinámica, en base a los datos obtenidos del Software ODOO cuyo funcionamiento se denota a continuación:

La herramienta cuenta con tres pestañas a saber:

- RPT 01: En esta pestaña del aplicativo se podrá encontrar una hoja con la siguiente información:



SEQ	EQUIPO	CATEGORÍA	FECHA DE SOLICITUD	MES
OT/22/19400	Z64-4072	BUSETÓN	2022-10-06	10
OT/22/19296	Z64-4072	BUSETÓN	2022-10-04	10
OT/22/19399	Z64-7029	PADRÓN	2022-10-06	10
OT/22/19338	Z64-4082	BUSETÓN	2022-10-05	10
OT/22/18967	Z64-4069	BUSETÓN	2022-10-03	10

FIGURA # 5:

Información contenida en la pestaña RPT 01 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

- Logo de la compañía Mueve Fontibón S.A.S. en la parte superior.
- SBQ: Corresponde a la orden de trabajo emitida por el software de mantenimiento.
- Equipo: Corresponde al número específico de cada bus, el cual identifica la particularidad específica de cada activo físico de la empresa.
- Categoría: Corresponde al tipo de bus o familia de buses a la que pertenece cada equipo en particular
- Fecha de solicitud: Corresponde a la fecha en la cual es emitida la orden de trabajo, y sirve para entre otros poder saber los atrasos o el cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- Mes: Se encuentra una casilla numerada, en la cual se debe colocar el número correspondiente a cada mes del año.



ETAPA ACTUAL	TIPO OT	NATURALEZA	NOMBRE DE OT	DURACIÓN OT
Cerrada	Ordenes de trabajo por garantía CORRECTIVO	Correctivo	GARANTIA-CAMBIO DE PASTILLAS EN LOS DOS EJES	0:15
Cerrada	Orden de trabajo correctiva por otros motivos CORRECTIVO	Correctivo	NV-TESTIGO DE FRENO ENCENDIDO	0:15
Confirmada	Ordenes de trabajo por garantía CORRECTIVO	Correctivo	GARANTIA - SE INSTALA LAMINA SOPORTE ELECTROIMAN	0:00
En progreso	Orden de trabajo de carrocería CORRECTIVO	Correctivo	NV-GOLPE EN COSTADO DERECHO (LD02.)	0:15
Confirmada	Orden de trabajo por alistamiento.	Preventivo	ALISTAMIENTO SEMANA 40 (2 DE OCTUBRE AL 08 DE OCTUBRE) (OT68 -	0:20

FIGURA # 6:

Continuación - Información contenida en la pestaña RPT 01 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

Al respecto de la figura # 6, la información contenida en el aplicativo es la siguiente:

- Etapa actual: Corresponde al estado actual en el cual se encuentra cada orden de trabajo, es decir; si se encuentra en estado cerrada o en progreso.
- Tipo OT: Se denota en esta casilla, el tipo de orden de trabajo, es decir; si es de tipo correctivo, por alistamiento o de tipo preventivo.
- Naturaleza: En esta casilla se coloca Preventivo o correctivo de acuerdo a cómo se detectó la novedad de mantenimiento.
- Nombre de la OT: En esta casilla se deben colocar los datos específicos de cada orden de trabajo.

- Duración: En esta casilla se debe colocar el tiempo específico que cada bus dura en total en las actividades relacionadas en cada orden de trabajo en específico de acuerdo a lo consignado.



PARTE DE HORAS / DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	TÉCNICO DE MTTO
SE CAMBIAN PASTILLAS DE LOS DOS EJES POR DESBORONAMIENTO.	GARANTIA-CAMBIO DE PASTILLAS EN LOS DOS EJES	Jesus Francisco Bermudez	BYD MTTO
CAMBIO DE FILTRACIONES (FILTRO PRIMARIO - FILTRO INTERNO - FILTRO SEPARADOR DE ACEITE), ASEO A CONECTORES DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y SCANEO DEL SISTEMA, PRUEBAS DE RUTA SIN NOVEDAD SE REALIZA LIMPIEZA DEL COMPRESOR. CON BYD.	VERIFICAR COMPRESOR ACEITE CONTAMINADO CON METAL	Jesus Francisco Bermudez	Camilo Andres Maldonado Arango
	GARANTIA - SE INSTALA LAMINA SOPORTE ELECTROIMAN	Jesus Francisco Bermudez	BYD MTTO
SE REALIZA ALISTAMIENTO DE FALDON COSTADO DERECHO SE REALIZA ALISTAMIENTO DE FALDON COSTADO DERECHO	COREGIR COATDO DERECHO (LD02)	Jesus Francisco Bermudez	Yeison Ricardo Gutierrez Tibata
		Jesus Francisco Bermudez	Diego Alejandro Triviño Garcia

FIGURA # 7:

Continuación - Información contenida en la pestaña RPT 01 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

Al respecto de la figura # 7, la información contenida es la siguiente:

- Parte de horas descripción: En esta casilla se consigna una breve descripción de la intervención realizada por el técnico que ejecuto la actividad.
- Descripción: Se coloca en esta casilla la razón por la cual se está realizando cada intervención en específico.
- Responsable: Se registra en esta casilla, el nombre de cada responsable de las actividades de mantenimiento.

- Técnico de mantenimiento: Se coloca en esta casilla el nombre del técnico de mantenimiento responsable de ejecutar cada actividad de mantenimiento al bus asignado para tal fin.



SISTEMA	ESPECIALIDADES	COMPONENTE	FECHA PREVISTA
MECÁNICO / FRENOS	FRENOS	PASTILLAS	2022-10-06
ELÉCTRICO / ELÉCTRICO DE ALTA	NEUMÁTICO	COMPRESOR DE AIRE	2022-10-04
CARROCERÍA / CARROCERÍA INTERNA	CARROCERÍA INTERNA	PUERTA CABINA OPERADOR	2022-10-06
CARROCERÍA / CARROCERÍA EXTERNA	CARROCERÍA EXTERNA	FALDONES	2022-10-05
CARROCERÍA / CARROCERÍA EXTERNA	MECÁNICO, ELÉCTRICO DE BAJA, CARROCERÍA EXTERNA, CHASIS, REFRIGERACIÓN,	VIDRIOS	2022-10-08

FIGURA # 8:


Continuación - Información contenida en la pestaña RPT 01 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

Al respecto de la figura # 8, la información a tramitar es la siguiente:

- Sistema: En esta casilla se deben consignar a qué sistema pertenecen las actividades de mantenimiento realizadas.
- Especialidades: Se debe elegir entre las especialidades eléctrica, mecánica, hidráulica o neumática según corresponda.
- Componente: Consignar en esta casilla el nombre del cada componente utilizado para cada actividad.

- Fecha prevista: Se diligencia en esta casilla la fecha en la cual se tiene previsto realizar las actividades de mantenimiento.



FECHA DE CIERRE	ODÓMETRO DE CIERRE
2022-10-06	28766
2022-10-05	28610

FIGURA # 9:

Continuación - Información contenida en la pestaña RPT 01 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

Al respecto de la figura # 9, la información a tramitar es la siguiente:

- Fecha de cierre: Es la fecha de cierre de las actividades de mantenimiento que se realizan a cada bus.
- Odómetro de cierre: Colocar en esta casilla la lectura del Kilometraje de operación que cada bus tiene al momento de realizar las actividades de mantenimiento.

En esta pestaña se consigna la siguiente información:

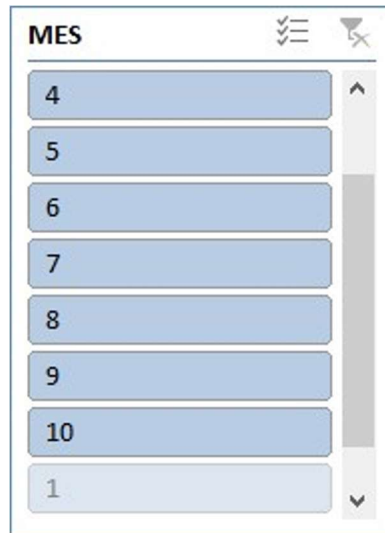


FIGURA # 10:

Información contenida en la pestaña Hoja # 2 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

En la figura # 10, correspondiente a la tabla dinámica, se puede apreciar que el usuario del aplicativo debe elegir el mes al cual quiere realizar el rastreo de las actividades en específico.

El usuario podrá encontrar los valores numéricos, los cuales deben ser asignados a cada mes en particular.

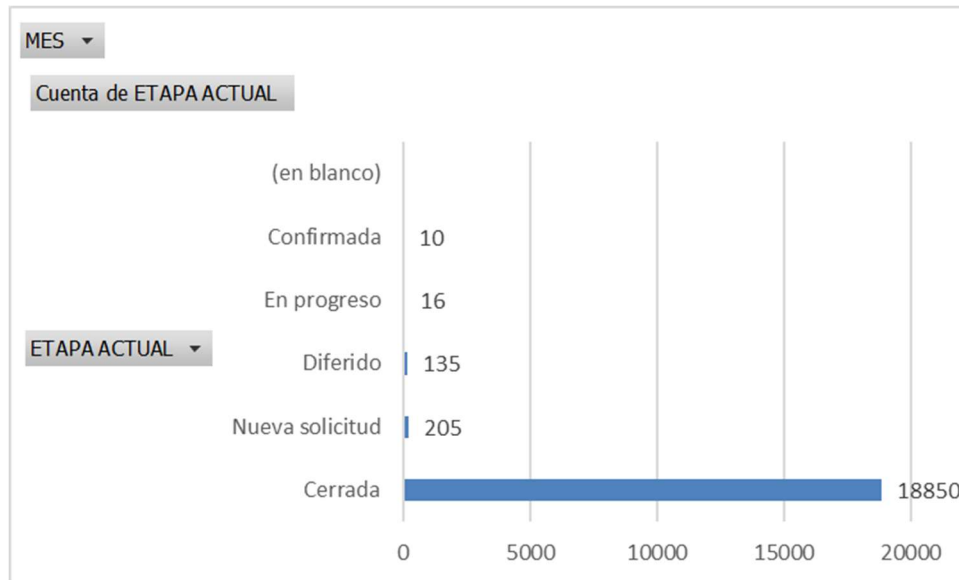


FIGURA # 11:

Información contenida en la pestaña Hoja # 2 del aplicativo

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

Al respecto de la figura # 11, se debe tramitar la siguiente información en la pestaña denominada Hoja # 2 del aplicativo:

- Cerrada: Corresponde al valor en número de las órdenes de trabajo que han sido cerradas a la fecha de consulta por parte de cada usuario en particular.
- Nueva solicitud: Corresponde a una orden de trabajo creada por el departamento de planeación de la empresa Mueve Fontibón S.A.S.
- Diferido: Cuando una orden de trabajo se encuentra pendiente ya sea por una labor o por un repuesto no disponible para ejecutar cada actividad de mantenimiento en particular para cada bus.

- En progreso: Número de órdenes de trabajo que a la fecha se encuentran en ejecución, por lo tanto, no pueden considerarse en estado cerrado y su trámite a buen término las llevará al estado cerrado.
- Confirmada: Corresponde a las órdenes de trabajo que ya tienen un técnico asignado para iniciar las actividades planeadas para ejecutar en cada bus.

7.3 Para El Caso Del Objetivo Específico N°3, En El Cual Se Plantea Proponer Los Indicadores De Gestión, Los Autores Plantean Los Sigüientes KPI's O Indicadores De Gestión:

7.3.1 Indicador MTBF (Mean Time Between Failures) o Tiempo Promedio entre fallas:

Este indicador, perteneciente a los indicadores de clase mundial, es de tipo técnico, mide cada cuánto sucede una falla en un activo físico, sus sistemas o componentes y su unidad son las horas, a manera de ejemplo; si el indicador de MTBF da para un periodo específico 180 horas, esto se puede interpretar de 2 maneras:

- Se puede afirmar que cada 180 horas (En promedio) falla el equipo o sus sistemas o componentes.
- Se puede decir que el equipo trabaja 180 horas y después de esto, se va a falla, es decir; tiene un periodo de confiabilidad de 180 horas.



FIGURA # 12:

Indicador de MTBF o Tiempo promedio entre fallas.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Para el caso de la figura # 13, se puede apreciar que, para un mes, hay 4 intervalos de MTBF demarcados en color azul, cada uno correspondiente a 180 horas de valor. Esto quiere decir que para ese periodo específico existieron 4 fallas y 4 intervalos cada uno de 180 horas de Confiabilidad.

Al ser el valor del MTBF de 180 horas, las actividades proactivas a ejecutar en los equipos de la flota de buses deben ser con una periodicidad inferior a ese valor de 180 horas, es decir al programar actividades de mantenimiento preventivo o predictivo, se deben asignar con frecuencias inferiores a las 180 horas de valor del MTBF.

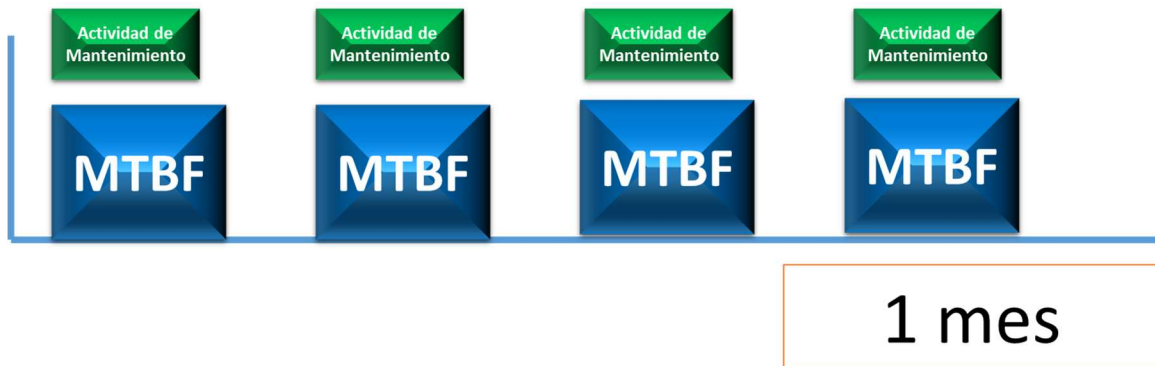


FIGURA # 13:

Actividades de Mantenimiento de acuerdo con el valor del MTBF.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Para el caso de la figura # 14, se puede apreciar que el valor de las actividades de mantenimiento correspondiente a los cuadros en verde, es menor a los valores del MTBF o tiempo promedio entre fallas, esto quiere decir, que para este caso en específico; las actividades de mantenimiento preventivo o predictivo, se deberán realizar con una frecuencia alrededor de las 170 horas para cada sistema en específico que represente este valor en los equipos de la flota de transporte de Mueve Fontibón S.A.S., cuyo valor es menor en 10 horas que las 180 horas del valor del MTBF.

Los autores sugieren que el valor del MTBF (Mean time between failure) o Tiempo promedio entre fallas sean calculados para cada uno de los sistemas que componen cada bus en específico, y si la compañía así lo establece, se realice una medición de MTBF global para cada bus. De igual manera; a modo de gestión, la recomendación es que la medición se realice cada mes y de esta medición se deriven acciones enfocadas en pro de mejorar la confiabilidad.

La siguiente es la fórmula para el cálculo del indicador del MTBF:

$$\mathbf{TMEF = NOIT.HROP / NTMC}$$

FIGURA # 14:

Fórmula de cálculo del TMEF o MTBF.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

- Donde:
 - NOIT es el número de ítems a los cuales se les va a calcular el indicador, en este caso el número de buses. Sugerido por sistema.
 - HROP: Son las horas de operación del equipo y se calculan el tiempo Calendario- el tiempo de fallas.
 - NTMC: Es el número total (En valor absoluto) de mantenimientos correctivos o fallas que se presentaron en el periodo evaluado.

7.3.2 Indicador MTTR (Mean Time to repair) O Tiempo Promedio Para Reparar:

Este es un indicador que mide la mantenibilidad, en este caso la rapidez con la que se efectúan las operaciones de mantenimiento sobre cada bus en particular se utiliza para realizar gestión sobre los equipos, en cuanto a lo que tiene que ver con los mantenimientos correctivos y su fórmula para cálculo es la siguiente:

$\text{TMPR o MTTR} = \frac{\text{Horas de Mantenimientos Correctivos}}{\text{Número de mantenimientos correctivos}}$

FIGURA # 15:

Fórmula de cálculo del TMPR o MTTR.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Para el caso de la flota de buses de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., el uso del indicador de MTTR (Mean Time to Repair) o TMPR Tiempo medio para reparar sede ser enfocado al tiempo que se

gasta en las actividades de los mantenimientos correctivos y por ende su mejora se debe ver reflejada en la gestión que se realice para disminuir los tiempos de intervención en cada actividad de mantenimiento de los buses que ingresan por los diferentes servicios.



FIGURA # 16:

Representación gráfica del Tmpr o MTTR.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Para el caso de la figura # 17, se representa al MTTR (Mean time to repair) o Tmpr Tiempo medio para reparar con los cuadros de color rojo, y quiere esto decir, que una vez los sistemas del bus fallan, hay que tomar un tiempo para poder colocar el bus nuevamente en funcionamiento y a este tiempo es al que denominamos el MTTR.

Para la gestión adecuada del indicador del MTTR en la empresa Mueve Fontibón S.A.S., los autores sugieren realizar capacitación constante al personal de mantenimiento que realiza las actividades, dado que; entre mayor conocimiento tenga el personal técnico, en menor tiempo podrá realizar las intervenciones de tipo correctivo. De igual manera; es muy importante que la compañía garantice la existencia de repuestos en el almacén de repuestos, puesto que, en gran medida, los tiempos de intervención de cada bus, dependerán de la disponibilidad inmediata de los mismos.

De igual manera, a nivel de gestión, lo que se propone, es que la medición del indicador de **MTTR** (Mean time to repair) o **TMPR** Tiempo medio para reparar, se realice mensualmente, por sistemas y de allí se deriven las acciones necesarias para mejorar el desempeño del departamento de mantenimiento.

7.3.3. Indicador De Disponibilidad:

Para el caso de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., se sugiere el desarrollo y seguimiento del indicador de disponibilidad, cuyo cálculo se da en porcentaje y denota la fracción de tiempo que se puede hacer uso efectivo de cada bus, la fórmula de cálculo de este indicador se denota a continuación:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{tiempo calendario} - (\text{Tiempo de Prev} + \text{tiempo correctivos}))}{\text{tiempo calendario}} \times 100$$

FIGURA # 17:

Representación gráfica del TMPR o MTTR.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Donde:

- A: Disponibilidad.
- Tiempo Calendario: Es el periodo evaluado, es decir; la fracción de tiempo objeto de análisis de cada bus en específico.

- Tiempo Prev: Es el tiempo invertido en actividades de tipo de mantenimiento preventivo que se ejecutaron a cada bus en el tiempo calendario evaluado.
- Tiempo correctivo: Es el tiempo que cada bus estuvo parado por fallas o averías en el tiempo calendario evaluado.

Al ser la disponibilidad, uno de los indicadores de clase mundial, su uso por parte de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., garantizará que el departamento de mantenimiento tenga un desempeño requerido para que la compañía pueda alcanzar las metas organizacionales.



FIGURA # 18:

Representación gráfica de la disponibilidad.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Para el caso de la figura # 19, se puede apreciar que la disponibilidad es una fracción del tiempo total, donde al tiempo total se debe restar el tiempo de mantenimientos correctivos, en este caso representado en color rojo, además; se debe restar el tiempo de los mantenimientos preventivos del mismo periodo, la resultante de realizar este ejercicio es la disponibilidad y se representa en color verde para efectos de la figura # 19.

Es de aclarar que la disponibilidad de la flota de buses de la compañía Mueve Fontibón S.A.S. será impactada directamente por los tiempos de fallas, es decir; por el tiempo que cada bus en particular esté parado por mantenimiento correctivo, pero, además; por los tiempos que cada bus en particular esté parado por mantenimientos preventivos.

Se sugiere, por tanto, ser cuidadosos en los tiempos que cada bus de la flota este parado por actividades de mantenimiento preventivo, para así lograr cumplir este indicador.

La medición del indicador de disponibilidad, se deberá realizar cada mes, y derivado de su medición, se deben generar acciones para cada bus en particular de acuerdo a los resultados obtenidos.

7.3.4 Relación Preventivo/ Correctivo:

Este indicador, es una relación porcentual de comparación, cuyo resultado es una comparación del total de horas cuantas corresponden a intervenciones de tipo preventivo, y cuánto porcentaje a intervenciones de tipo correctivo.



Relación preventivo/correctivo.

FIGURA # 19:

Relación Preventivo/Correctivo.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Para este indicador se sugiere, que la meta de la compañía sea:

- 80% para la fracción o porcentaje correspondiente a la gestión preventiva.
- 20% para la fracción o porcentaje, correspondiente a la gestión correctiva.

A nivel de seguimiento, los autores sugieren a la empresa Mueve Fontibón S.A.S., que la medición se realice de manera mensual.

7.3.5 *Indicador de Confiabilidad:*

Este indicador de clase mundial muestra la fracción de tiempo que en el caso de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., cada bus está listo para operar o salir a ruta.

Su fórmula, se denota a continuación:

$$R = \frac{(\text{tiempo calendario} - \text{Tiempo de Fallas})}{\text{tiempo calendario}} \times 100$$

$t_r = \text{tiempo f/s por fallas (correctivo)}$

FIGURA # 20:

Formula de Indicador de Confiabilidad R.

Fuente: Los autores, adaptado de clase Gerencia de Mantenimiento 2.

Donde:

- R: Confiabilidad.
- Tiempo Calendario: Tiempo evaluado para cada bus o sus sistemas.
- Tiempo de fallas: Tiempo que cada bus ha estado detenido por mantenimientos de tipo correctivo.

Como se puede apreciar, el indicador de Confiabilidad (R), es un indicador cuyo resultado es en porcentaje %, y en este caso, es un indicador de polaridad positiva, es decir, entre mayor sea su resultado, es mejor para los resultados de la compañía.

Con el desarrollo de los numerales 7.1, 7.2 y 7.3, se da cumplimiento en su totalidad al desarrollo de los objetivos específicos, objetivo principal de esta monografía de investigación desarrollada por los autores.

8 ANÁLISIS FINANCIERO

Para poder encaminar la inversión que se plantea realizar, los autores revisaron puntualmente mes a mes la cantidad de flota inoperativa y sacaron un promedio para conocer el lucro cesante que deja de recibir la compañía, en aras de poder sustentar la importancia de la implementación del modelo de mantenimiento. Para el análisis, se anexaron datos de la cantidad flota inoperativa que ha tenido desde el inicio de operación la compañía y un promedio del lucro cesante. Adicional a esto, se muestra una proyección cuantitativa de recuperación mensual por unidad disponible en los próximos dos años

partiendo del primer semestre del año 2023 seguido a la propuesta de la implementación del modelo de mantenimiento.

Los beneficios con los que incurrirá la compañía, con el planteamiento del modelo de gestión de mantenimiento, estará ligada al aumento de la disponibilidad, mejora en la mantenibilidad, reducción en costos de mantenimiento y aumento de la confiabilidad del área de mantenimiento.

A continuación, se detalla el valor de la inversión que se tendrá en cuenta para iniciar con la metodología, el lucro cesante de la no disponibilidad de los buses en el periodo del año 2022 y el retorno de la inversión según el tiempo estimado (2 años).

8.1 Inversión:

ITÉM	ACTIVIDADES PROPUESTAS	INVERSIÓN
1	Diseño de matrices de confiabilidad	\$ 8.650.000,00
2	Auditorias del proceso	\$ 4.000.000,00
3	Implementación de indicadores de gestión	\$ 3.600.000,00
2	Elaboración de instructivos de mantenimiento	\$ 5.900.000,00
3	Estandarización de procesos y procedimientos	\$ 3.600.000,00
4	Capacitación de personal de mantenimiento y operaciones	\$ 12.500.000,00
COSTO DE INVERSIÓN		\$ 38.250.000,00

FIGURA # 21:

Información de inversión propuesta para la implementación del Plan de mantenimiento

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

8.2 Lucro Cesante Diario Por Tipología Para El Año 2022:

BC11	\$ 826.814,25
------	---------------

BC89	\$ 731.701,03
------	---------------

FIGURA # 22:**Costos del Lucro cesante diario de Cada una de las Tipologías de Buses****Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.****8.3 Calculo Promedio De Lucro Cesante En Los Primeros Diez Meses De Operación:**

MES	CANTIDAD BUSES	PROMEDIO BUSES DISPONIBLES	FLOTA		LUCRO CESANTE	SUMA LUCRO CESANTE POR DÍA	PROMEDIO LUCRO CESANTE POR MES
			TIPOLOGIA	PROMEDIO BUSES NO DISPONIBLES POR TIPOLOGIA			
Febrero	172	163	BC11	5	\$ 4.134.071,25	\$ 7.060.875,37	\$ 197.704.510,36
			BC89	4	\$ 2.926.804,12		
Marzo	172	164	BC11	4	\$ 3.307.257,00	\$ 6.234.061,12	\$ 193.255.894,72
			BC89	4	\$ 2.926.804,12		
Abril	172	165	BC11	4	\$ 3.307.257,00	\$ 5.502.360,09	\$ 165.070.802,70
			BC89	3	\$ 2.195.103,09		
Mayo	172	165	BC11	3	\$ 2.480.442,75	\$ 5.407.246,87	\$ 167.624.652,97
			BC89	4	\$ 2.926.804,12		
Junio	172	166	BC11	3	\$ 2.480.442,75	\$ 4.675.545,84	\$ 140.266.375,20
			BC89	3	\$ 2.195.103,09		
Julio	172	168	BC11	2	\$ 1.653.628,50	\$ 3.117.030,56	\$ 96.627.947,36
			BC89	2	\$ 1.463.402,06		
Agosto	172	166	BC11	2	\$ 1.653.628,50	\$ 4.580.432,62	\$ 141.993.411,22
			BC89	4	\$ 2.926.804,12		
Septiembre	172	167	BC11	2	\$ 1.653.628,50	\$ 3.848.731,59	\$ 115.461.947,70
			BC89	3	\$ 2.195.103,09		
Octubre	172	168	BC11	3	\$ 2.480.442,75	\$ 3.212.143,78	\$ 99.576.457,18
			BC89	1	\$ 731.701,03		
Noviembre	172	168	BC11	2	\$ 1.653.628,50	\$ 3.117.030,56	\$ 93.510.916,80
			BC89	2	\$ 1.463.402,06		
TOTAL							\$ 1.411.092.916,21

FIGURA # 23:**Costos del Lucro cesante Anual de Cada una de las Tipologías de Buses****Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.****8.4 Proyección De Ahorro Posterior A La Implementación:**

TOTAL, LUCRO CESANTE PERIODO CALCULADO 2022	100%	\$ 1.411.092.916,21
PROPUESTA DE REDUCCIÓN LUCRO CESANTE	20%	\$ 282.218.583,24
DIFERENCIA	80%	\$ 1.128.874.332,97

FIGURA # 24:

Proyección de Beneficios económicos para la empresa al implementar el plan de Mantenimiento

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

8.5 Retorno De La Inversión:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Propuesta de reducción anual} - \text{Costo de inversión}}{\text{Costo de inversión}}$$

$$\text{ROI} = \frac{282,218,583 - 38,250,000}{38,250,000} = 6,37$$

FIGURA # 25:

Cálculo de indicador de Retorno de Inversión

Fuente: Los autores, desarrollado para la empresa.

Realizando el cálculo de retorno de la inversión, los autores evidencian que, por cada peso invertido, a la compañía le retornara \$6,37 en los próximos dos años tomados como muestra para el desarrollo de la investigación.

Conclusiones

1. El desarrollo de la auditoría por radar permitió identificar aspectos a trabajar en la compañía Mueve Fontibón S.A.S., la herramienta auditoría por radar debe ser gestionada de tal manera, que se generen acciones por parte de la compañía para cada aspecto evaluado, con el fin de mejorar en los aspectos que sean requeridos para garantizar el logro de las metas de la compañía.
2. El análisis de la información del Software ODOO por parte de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., garantizará la adecuada gestión de la información que se requiere en la compañía, para dar un paso importante en el camino hacia la sostenibilidad y por ende el logro de los objetivos organizacionales planteados por las directivas.
3. Es relevante para la compañía Mueve Fontibón S.A.S., implementar la gestión mediante indicadores de gestión, planteados por los investigadores en el numeral 7.3 de esta monografía de investigación.

Recomendaciones

De acuerdo con el desarrollo de esta monografía de investigación, los autores plantean las siguientes recomendaciones con el fin de ser evaluadas y tenidas en cuenta por parte de la compañía

Mueve Fontibón S.A.S.:

- Gestionar la información de los buses, para así; poder generar las hojas de vida de cada bus y que esto, a futuro garantice la continuidad operativa de la compañía.
- Evaluar el fortalecimiento de la función ingeniería de mantenimiento, para que juegue un papel importante en el desarrollo del departamento de mantenimiento, y se convierta en un jugador estratégico dentro de la organización.
- Establecer estrategias de mejoramiento continuo, que, al ser desarrolladas dentro de la compañía, garanticen que se puedan identificar puntos de enfoque que permitirán a la organización eliminar puntos débiles existentes dentro de la compañía.

Bibliografía

- Botero, Félix, y Roger Escobar. *ANÁLISIS DE COSTOS DEL MANTENIMIENTO DE EJES CARDÁNICOS EN BUSES DEL SITP, BASADO EN PRUEBAS DE MOVIMIENTO RADIAL Y AXIAL*. Bogotá: Universidad ECCI Especialización Gerencia De Mantenimiento, 2019.
- Domínguez, Catherine, y Ingrid Páez. *APLICACIÓN DE LOS PILARES DEL TPM PARA LA MEJORA EN EL MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE ETIB S.A.S*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad Tecnológica Ingeniería De Producción, 2019.
- Villegas, Gustavo, Alfonso Vélez, Juan Restrepo, Daniel Gaviria, y Juan Correa. *Aspectos RELEVANTES EN LOS PROCESOS DE IMPLANTACION DE TPM EN COLOMBIA. RESULTADOS DE UNA INVERSTIGACION*. Medellín: Universidad EAFIT, 2019.
- Barboza, Karina, y Liliana Guette. *DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL ÁREA DE CONVERSION DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A*. Cartagena: Universidad De Cartagena Facultad De Ciencias Económicas Programa De Administración Industrial, 2006.
- Montañez, Juan, y Danny Soto. *Elaboración De Una Propuesta Para Implementar Un Sistema De Mantenimiento Inteligente. Caso de estudio: Una flota del SITP del fabricante Daimler Colombia S.A*. Bogotá: Universidad ECCI Especialización Gerencia de Mantenimiento, 2022.
- Parra, Julián A, Zamir A Torres, y Sergio J Porras. *PROPUESTA DE AJUSTE AL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA AUTOBUSES ELÉCTRICOS CASO DE ESTUDIO: MODELO BYD B13S01 DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRASPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Bogotá: Universidad ECCI, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, 2022.
- Alfonso, Liliana, Cristian Bocanegra, y Eduwin Salazar. *PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO CASO DE ESTUDIO: LÍNEA DE CLAVO PRENSADO EMCOCLAVOS S.A.S*. Bogotá: Universidad ECCI Especialización Gerencia de Mantenimiento, 2019.
- Bonifacio, Oscar. *APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA G&H INVERSIONES SUAREZ S.A.C*. Lima: Universidad Cesar Vallejo Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional De Ingeniería Industrial, 2018.

- Farfán, Christian. *DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, BASADO EN EL TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) Y ALINEADO A LA NORMA ISO 22000-2005, PARA LA INDUSTRIA CÁRNICA DE LA CIUDAD DE CUENCA*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2016.
- González, Heber. *DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM PARA VEHÍCULOS LIVIANOS EN GENERAL DEL TALLER MECÁNICO AUTOMOTRIZ TECNICAMP*. Guadalajara: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica, 2017.
- Coto, Ricardo. *IMPLEMENTACIÓN DE PILARES DEL TPM EN LA EMPRESA ZOLLNER ELECTRONICS COSTA RICA LTDA*. Cartago: Escuela de Ingeniería Electromecánica Ingeniería en Mantenimiento Industrial Tecnológico de Costa Rica, 2017.
- Rodríguez, Analy, y Hellen Rodríguez. *IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TRANSPORTES RÍOS S.R.L., Oroya*. Universidad Cesar Vallejo Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional De Ingeniería Industrial, 2019.
- Huamani, Gisela, y José De la Cruz. *IMPLEMENTACIÓN DEL TPM PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS EN LA EMPRESA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ, Lima*. Universidad Cesar Vallejo Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional De Ingeniería Industrial, 2021.
- Del Toro, Franco. *LEAN MANUFACTURING APLICADO AL ARMADO DE PARTES MÓVILES EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Escuela de Ingeniería Industrial, 2017.
- Huaraca, Eder. *METODOLOGÍA TPM APLICADO EN LA INDUSTRIA DE MAQUINARIA PESADA: una revisión de la literatura científica*. Lima: Universidad Privada del Norte, 2019.
- Carrera, José. *MODIFICACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS BUSES BYD K9FE*. Viña del Mar. Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña Del Mar, 2018.
- Guevara, Álvarez. *PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA TPM PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS BUSES EN LA EMPRESA TRANSPORTE CHICLAYO*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Escuela Profesional De Ingeniería Industrial, 2019.

- Sánchez, Omar. *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA REDUCIR COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA DE TRANSPORTES DIAS S.A.C.* Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021.
- Dávila, Rodolfo, y José Dávalos. *PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADA EN EL TPM PARA EVALUAR EL EFECTO EN LA DISPONIBILIDAD DE FLOTA EN LA OPERACIÓN REMOTA SAUSACocha, DE LA EMPRESA AUTOMOTRIZ.* Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017.
- González, Jaime, y Karen Lavado. *PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA ITTSA BUS.* Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018.
- Benel, Roger. *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE BUSES DE LA EMPRESA DE TRANSPORTES TURISMO SR. DE HUAMANTANGA S.R.L.* Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Facultad De Ingeniería Mecánica Y Eléctrica, 2017.
- Bazán, Eduardo. *PROYECTO DE MEJORA DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA SETRAMI SAC. – TRUJILLO.* Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018.
- Suzuki, Tokutaro. *TPM EN LA INDUSTRIA DE PROCESOS.* TGP-HOSHIN, S. L., 2001.
- Shirose, Kunio. *TPM PARA MANDOS PARA INTERMEDIOS DE FÁBRICA.* Madrid: TGP-HOSHIN, S. L./Marques de Cubas, 1994.

Cibergrafía

Transmilenio. «Mapa de SITP <https://www.sitp.gov.co/publicaciones/40076/mapas-del-sitp/>». s. f.

Congreso de Colombia. «Ley 336 de 1996», 1996.

Congreso de Colombia. «Decreto 3366 de 2003», 2003.

Congreso de Colombia. «Decreto 1079 de 2015 Sector Transporte», 2015.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. «Documento Conpes 3943 Del 2018», 2018.