

**Propuesta de aplicación de un modelo de KPI's orientado al proceso de  
mantenimiento de los vehículos Biarticulados de la flota perteneciente a CapitalBus.**

**Wilson Antonio Munar Gómez**

**Rodrigo Andrés García Rico**

**Luis Felipe Durango Prado**

**Asesor**

**MSC Miguel Ángel Urián**

**Especialización en Gerencia de Mantenimiento**

**Dirección de Posgrados**

**Universidad ECCI,**

**Bogotá D.C. Noviembre, 2021**

**Propuesta de aplicación de un modelo de KPI's orientado al proceso de  
mantenimiento de los vehículos Biarticulados de la flota perteneciente a CapitalBus.**

**Wilson Antonio Munar Gómez**

**Rodrigo Andrés García Rico**

**Luis Felipe Durango Prado**

**Proyecto de grado para optar al  
Título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento**

**Especialización en Gerencia de Mantenimiento**

**Dirección de Posgrados**

**Universidad ECCI,**

**Bogotá D.C. Noviembre, 2021**

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien me ha dado la fuerza para seguir adelante superando todas las adversidades. A mi padre quien lastimosamente ya no está con nosotros, pero me enseñó la importancia de la educación y constante formación para el crecimiento personal y profesional. A mi madre quien siempre me ha apoyado y ha estado a mi lado en todo mi proceso de formación. A mi esposa e hija quienes siempre me apoyaron y comprendieron la importancia de este proceso en mi vida.

**Luis Felipe Durango**

Dedico este trabajo a mis compañeros de curso Luis Felipe Durango y Andrés Rodrigo García por el tiempo que se usó en la construcción del proyecto de la Empresa CapitalBus, referente a la aplicación de un modelo de KPI's orientado al proceso de mantenimiento de los vehículos Biarticulados de la flota perteneciente a la compañía, esto con el fin de optimizar los tableros de control que ayuden en la gestión y la mejora continua en los procesos para ser los mejores en la prestación del servicio.

**Wilson Antonio Munar Gómez**

Este trabajo es dedicado a la empresa CapitalBus por el apoyo brindado, en cuanto a entrega de información para poder desarrollar el proyecto de especialización, igualmente a mis compañeros Luis y Wilson quienes me permitieron ser partícipe de este trabajo tan interesante y de muy importante aplicación. De igual manera dedico este trabajo a mi esposa y mis dos hijos, ya que fueron muy comprensivos conmigo para poder tener el tiempo suficiente y poder así desarrollar esta Especialización con éxito. Por último, pero no menos importante, dedico este proyecto a la Universidad ECCI quien nos brindó el tiempo y herramientas para adquirir,

enriquecer y profundizar en conocimientos y habilidades, al igual que continuar con bases más sólidas en mi vida profesional.

**Rodrigo Andrés García Rico**

### **Agradecimientos**

En primer lugar queremos agradecer a nuestro tutor Miguel Ángel Urián Tinoco, quien asesoró y guio el desarrollo de este trabajo de investigación quien con sus consejos y apoyo nos llevó por el mejor camino en cada una de las etapas para la consecución de las metas y objetivos propuestos, a la Universidad ECCI y a nuestros profesores quienes nos dieron sus conocimientos para convertirnos en especialistas, los cuales aportaron los conocimientos y herramientas durante el proceso educativo dando las bases fundamentales para poder cumplir con las metas propuestas.

También un agradecimiento especial al ingeniero Edwin Morales gerente general de CapitalBus quien nos brindó constantemente su apoyo en el desarrollo de esta investigación y permitió tomar como caso de estudio a su organización, aportando de su conocimiento para sacar este trabajo adelante.

Por último, queremos agradecer a nuestros compañeros y familia quienes nos apoyaron en todo momento aun en los momentos más difíciles o en momentos de desfallecimiento, quienes siempre estuvieron presentes para darnos palabras de ánimo para renovar energías y seguir adelante.

## Introducción

La presente investigación es desarrollada como opción de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI. En las últimas contrataciones realizadas mediante licitación pública para el sistema de transporte masivo de pasajeros de la ciudad de Bogotá, se han estipulado una serie de indicadores de cumplimiento que permiten visualizar la gestión y la calidad de la prestación del servicio de las empresas operadoras. En marzo de 2020 inicia la operación de CapitalBus, tomando como centro de operación el patio taller de las Américas, dado que los requerimientos contractuales establecidos con Transmilenio S.A. como ente gestor, se hace necesario que desde la planeación estratégica de la organización se den lineamientos claros desde la alta dirección hacia los procesos o departamentos y trabajadores de la compañía alineados a los objetivos establecidos por la organización.

Dado que los principales activos tangibles de la compañía son los vehículos y que para tal fin se cuenta con área enfocada a la gestión de estos, donde deben encontrarse alineados a la planeación estratégica de gestión de activos de Transmilenio S.A, adicional a que el desempeño de estos es parte fundamental en los indicadores de cumplimiento contractuales, se hace necesario contar con una estructura clara y enfocada de los indicadores de seguimiento del área de mantenimiento de vehículos, que al momento de realizar el desarrollo de esta investigación no están claramente definidos.

Es de recalcar que los indicadores de gestión del área de mantenimiento deben encontrarse alineados al cumplimiento de los requerimientos en cuatro focos: gestión de mantenimiento, objetivos estratégicos (Visión de CapitalBus), Plan Estratégico de Gestión de Activos de Transmilenio S.A (ISO 55001) y el seguimiento a la evaluación integral de la calidad

realizada por el ente gestor; el cumplimiento de estos a su vez apoya el proceso de seguridad vial en su plan estratégico (ISO 39001), a la gestión ambiental (ISO 14001) y al plan de auto regulación de la secretaría distrital de ambiente según resolución 1304 de 2012.

La investigación realizada consistió en analizar el proceso de mantenimiento vehicular (Flota Bi-Articulada) de CapitalBus y basado en los requerimientos anteriormente mencionados identificar las necesidades de seguimiento, medición, análisis y evaluación que permita cumplir con lo requerido en los cuatro focos, finalizando con una propuesta de implementación de un Balance Score Card que permita centralizar los indicadores claves para el proceso orientados al cumplimiento de objetivos.

## Resumen

La investigación, consistió en realizar una propuesta utilizando la metodología o modelo de KPI's donde se pueda establecer un tablero de control que permita realizar la medición de las diferentes variables del proceso de mantenimiento de vehículos pertenecientes a la empresa CapitalBus, obteniendo un análisis que permita la mejora continua del proceso, alineándolo a su vez con la planeación estratégica, ya que al momento no cuenta con un modelo establecido de indicadores que permita la toma de decisiones lo cual impactaría directamente sobre la disponibilidad y confiabilidad de la flota como en los ingresos de la compañía.

En el desarrollo se hace una recolección de información pertinente al estado del proceso de mantenimiento de vehículos, bases de datos de las hojas de vida de los activos, necesidades de la gerencia de mantenimiento de vehículos en cuanto a indicadores se refiere, así como a la necesidad de informes de gestión ante el ente gestor e interventoría, métodos de medición actual, entre otra información necesaria para establecer las necesidades y posibles soluciones al proceso.

Luego del análisis de la información se observa la necesidad de implementar indicadores de gestión que permitan medir objetivamente, y a su vez conocer el estado real del proceso de mantenimiento de vehículos, permitiendo así tomar decisiones oportunas que conduzcan al mantenimiento a niveles de clase mundial, optimizando el proceso y a su vez generando valor a la organización.

**Palabras Clave:** KPI, BSC, Indicadores de Mantenimiento, Optimización, Plan de mantenimiento.

### **Abstract**

The present investigation consists of making a proposal using the methodology or model of KPI's where a control board can be established that allows the measurement of the different variables of the maintenance process of vehicles belonging to the company CapitalBus, obtaining an analysis that allows the continuous improvement of the process, aligning it in turn with the strategic planning, since at the moment it does not have an established model of indicators that allows the decision making, which would impact directly on the availability and reliability of the fleet as in the income of the company.

In the development, a collection of information is made, such as: pertinent information on the status of the vehicle maintenance process, databases of the assets' life sheets, needs of the vehicle maintenance management in terms of indicators, as well as the need for management reports to the management and auditors, current measurement methods, among other information necessary to establish the needs and possible solutions to the process.

During the course of the research, the need for the implementation of management indicators that allow to measure objectively and at the same time to know the real status of the vehicle maintenance process is observed, thus allowing to make timely decisions that lead the maintenance to world class levels, optimizing the process and in turn generating value to the organization.

**Keywords:** KPI, BSC, PMO, Maintenance Indicators, Maintenance Plan.

## Contenido

1	Título de la Investigación	15
2	Problema de Investigación	15
2.1	Descripción del problema	15
2.2	Planteamiento del problema	17
2.3	Sistematización del problema	17
3	Objetivos de la Investigación	17
3.1	Objetivo General	17
3.2	Objetivos específicos	17
4	Justificación y delimitación	18
4.1	Justificación de la investigación.	18
4.1.1	Delimitación.	19
4.2	Limitaciones.	19
5	Marco Referencial	20
5.1	Estado del arte.	20
5.1.1	Estado del arte nacional	20
5.1.1.1	Propuesta de Optimización del Plan de Mantenimiento para Disminuir los varados en Vía de la Flota de Buses de la Empresa ETIB SAS	20
5.1.1.2	Diseño de una metodología para la implementación de indicadores de gestión.	20

5.1.1.3	Plan de monitoreo y control a través de los análisis de aceite para motor y transmisión de vehículos articulados mercedes para la empresa sistemas operativos móviles - somos k. s. a.	21
5.1.1.4	Benchmarking del proceso de mantenimiento para la flota de buses del sistema integrado de transporte urbano-SITP y la empresa MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORIT-MBTA	21
5.1.1.5	Propuesta de un Programa de Mantenimiento para los Activos de una Compañía del Sector de Obra Civil en la división de Alquiler de Equipos. “Caso de Estudio Retrocargador de oruga Hitachi 200”.	22
5.1.1.6	Análisis de la incidencia del plan de capacitación en las fallas de la flota de vehículos híbridos volvo b215-rh	22
5.1.1.7	Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de Paola Ortiz Ardila ingeniería S.A.S bajo la resolución 0312 de 2019	23
5.1.2	Estado del arte internacional	23
5.1.2.1	Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de Cañar.	23
5.1.2.2	Propuesta de mejora del sistema de medición de indicadores de gestión de la calidad de la empresa BYLL SRL contratistas generales certificada bajo la norma ISO 9001 – 2008.	24
5.1.2.3	Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE	24
5.1.2.4	El desaparecido manual de mantenimiento de la Línea 12 del Metro	24

5.1.2.5	Estudio, evaluación y mejoras en mantenimiento de buses interurbanos	
	25	
5.2	Marco Teórico.	25
5.2.1	¿Qué es un KPI de mantenimiento?	25
5.2.2	¿Cuáles son los KPI de mantenimiento?	26
5.2.3	Tipos de mantenimiento	30
5.3	Marco normativo legal	32
5.4	Marco histórico	32
6	Marco metodológico	37
6.1	Recolección de la información	37
6.1.1	Tipo de investigación	37
6.1.2	Fuentes de la información.	39
6.1.2.1	Fuentes primarias.	39
6.1.2.2	Fuentes secundarias.	40
6.1.3	<i>Herramientas.</i>	40
6.1.3.1	Evaluación del desempeño.	40
6.1.3.2	El ciclo Deming.	41
6.1.4	Metodología.	42
6.1.5	Información recopilada	43
6.1.5.1	Estructura organizacional	44

	12
6.1.5.2 Red de procesos	44
6.1.5.3 Mapa estratégico de la organización	45
6.1.5.4 Software de gestión de activos	45
6.1.5.5 Sub procesos de la gestión de mantenimiento.	46
6.1.5.6 Rutinas de mantenimiento.	47
6.1.5.7 Plan de mantenimiento CapitalBus.	48
6.1.5.8 Reportes de mantenimiento preventivo y correctivo.	49
6.1.5.9 Histórico de fallas.	49
6.2 Análisis de la información.	50
6.2.1 Ordenes de trabajo	51
6.2.2 Mantenimiento programado	51
6.2.3 Campañas de mantenimiento.	52
6.3 Propuesta de solución.	53
6.3.1 Beneficios de la implementación de un modelo de KPI's.	56
6.3.2 Política de Mantenimiento	56
6.3.2.1 Objetivo de Mantenimiento.	57
6.3.2.2 Alcance.	57
6.3.3 Indicadores de mantenimiento	57
7 Impactos esperados.	59
8 Análisis Financiero	61

	13
9 Conclusiones y recomendaciones	64
9.1 Conclusiones	64
9.2 Recomendaciones	64
10 Bibliografía	66

### **Tabla de Ilustraciones**

Ilustración 1 <i>MDT Mean Down Time (Tiempo promedio de avería)</i>	27
Ilustración 2 <i>Sistemas OEE</i>	28
Ilustración 3 <i>Tiempos de mantenimiento</i>	29
Ilustración 4 <i>Planeación estratégica de Mantenimiento CapitalBus</i>	34
Ilustración 5 <i>Estratégica de Mantenimiento Capital Bus</i>	35
Ilustración 6 <i>Parámetros Gestión de activos alineados a la estrategia CapitalBus</i>	36
Ilustración 7 <i>Evolución de la Gestión de Activos</i>	36
Ilustración 8 <i>Ciclo de Deming</i>	42
Ilustración 9 <i>Red de Procesos CapitalBus</i>	44
Ilustración 10 <i>Planeación estratégica 2021</i>	45
Ilustración 11 <i>INFOR EAM (Enterprise Asset Management), Software de gestión de activos</i>	46
Ilustración 12 <i>Subprocesos de Mantenimiento CapitalBus</i>	47
Ilustración 13 <i>Consulta de órdenes de trabajo en INFOR</i>	49
Ilustración 14 <i>Consultas varadas en vía (INFOR)</i>	50
Ilustración 15 <i>Seguimiento al cumplimiento del IDF (índice de dispersión de flota)</i>	51

Ilustración 16 Flujo *de campañas de mantenimiento* 52

Ilustración 17 *Pilares del desarrollo la planeación estratégica* 58

### **Tabla de Tablas**

Tabla 1 *Tipos de investigación* 36

Tabla 2 *Tipos de control de frecuencias a mp* 46

Tabla 3 *Actividades plan de mantenimiento capital bus* 47

Tabla 4 *Proyección de costos* 61

Tabla 5 *Costos de inversión* 61

## **1 Título de la Investigación**

Propuesta de aplicación de un modelo de KPI's orientado al proceso de mantenimiento de los vehículos Biarticulados de la flota perteneciente a CapitalBus.

## **2 Problema de Investigación**

### **2.1 Descripción del problema**

CapitalBus es una empresa operadora del sistema Transmilenio, a esta se le adjudica contrato de licitación 754 de 2018 el cual asigna como lugar de operación el patio taller de las Américas y tiene como fecha de inicio de operación el 01 de marzo de 2020, CapitalBus cuenta con 260 móviles Biarticulados marca SCANIA chasis F340HA y aproximadamente 800 empleados para la prestación del servicio de transporte masivo de pasajeros en la ciudad de Bogotá.

El objeto modelo de estudio para este trabajo, es el proceso de mantenimiento de vehículos el cual es fundamental para poder llevar a cabo la prestación del servicio, este cuenta con 76 técnicos de mantenimiento con un cubrimiento 24/7 con el fin de poder brindar el soporte necesario a la operación; la flota de vehículos cuenta con un plan de mantenimiento preventivo el cual es controlado por medio de los kilómetros recorridos y está basado en los manuales de fabricante más actividades cíclicas necesarias dadas por las condiciones de la operación.

CapitalBus es una empresa relativamente nueva la cual ha venido definiendo e implementando procesos paulatinamente, se hace necesario establecer herramientas que permitan controlar los resultados del mismo, igualmente dar herramientas administrativas que soporten la toma de decisiones con el fin de aumentar la confiabilidad, disponibilidad, generando valor a la organización.

En la actualidad el proceso de mantenimiento cuenta con herramientas tecnológicas que permiten la recopilación de la información necesaria para elaborar un análisis de las condiciones y la gestión del área, , pero se hace necesario establecer un modelo de indicadores que permita un mejor análisis de esta, orientándolo al cumplimiento de los objetivos de la planeación estratégica de la organización, y en búsqueda de tomar decisiones asertivas con el fin de elevar el nivel de mantenimiento de la organización utilizando mejores prácticas en busca de la mejora continua y sostenibilidad.

Existe una oportunidad de mejora en el seguimiento y acompañamiento del proceso, influye notoriamente en la percepción que tienen las demás áreas o entes de control por lo que se hace necesario, medir estas variables, a través de indicadores de gestión, lo que permite brindar un acompañamiento, guía y orientación adecuados.

La aplicación del presente trabajo está en la búsqueda de, aportar a la seguridad, la confiabilidad, la disponibilidad, la rentabilidad, la Distancia promedio de Varada, la Evaluación Mensual Integral de Calidad y Evaluación Trimestral Integral de Calidad, ya que las dificultades que se presentan en estos ítems, desvían los recursos y potencialidades del proceso de mantenimiento para el logro de las metas.

Con el fin de optimizar y mejorar el proceso se deben tomar como punto de partida los indicadores y los informes actuales del proceso, también se debe tener en cuenta los objetivos estratégicos de la compañía, los resultados obtenidos de los indicadores planteados deben aportar al cumplimiento de estos, también se deben contemplar los requerimientos contractuales que se encuentran enmarcados en el capítulo 8.3 del contrato de concesión 754 de 2018.

## 2.2 Planteamiento del problema

La pregunta que se planteará a continuación busca resolver los inconvenientes que generan el no tener una medición clara o una herramienta que permita el análisis y toma de decisiones en el proceso, lo cual afecta la rentabilidad del negocio asumiendo las consecuencias que ello genera, por tanto: ¿Qué herramienta o modelo de medición, control, seguimiento y gestión puede emplear la empresa CapitalBus, para establecer un control adecuado del proceso de mantenimiento de la flota con el fin de aumentar la confiabilidad, disponibilidad y dar valor a la organización?

## 2.3 Sistematización del problema

¿Están definidos los indicadores del proceso alineados a los objetivos de la organización?

¿Como determinar los KPI's indicados para la gestión del proceso de mantenimiento vehicular?

¿Cuáles son los seguimientos y mediciones necesarias para controlar en el proceso para cumplir con los requerimientos legales y contractuales?

¿Es viable establecer un modelo de indicadores que permita realizar el seguimiento, medición, análisis y evaluación de los resultados del proceso?

# 3 Objetivos de la Investigación

## 3.1 Objetivo General

Generar una propuesta para el seguimiento de indicadores de los procesos de mantenimiento de los vehículos biarticulados pertenecientes a la empresa CapitalBus.

## 3.2 Objetivos específicos

Caracterizar el proceso de mantenimiento y el mecanismo por el cual se realiza la medición y control del proceso de mantenimiento

Identificar cuáles son las necesidades del proceso que deban ser sujetos de medición, análisis de los resultados y generación de acciones, alineándolos a las metas establecidas en la planeación estratégica de la organización.

Generar la documentación requerida e indicadores para la implementación de un tablero de control que permita el análisis de información y la toma de decisiones. (Definir los KPI's, el método de medición, cálculo, análisis y control.

## **4 Justificación y delimitación**

### **4.1 Justificación de la investigación.**

CapitalBus como empresa operadora del sistema Transmilenio, en busca de la excelencia en la prestación del servicio de transporte masivo de pasajeros ha venido trabajando en el desarrollo de los procesos que la componen, ha trabajado arduamente en la creación y documentación de cada uno de estos. No obstante, aún se encuentran en constantes ajustes en pro de optimizar los recursos, no sin dejar de lado los estándares de calidad esperados, no solo por la organización sino también por el ente gestor y la ciudad.

Esta constante mejora continua en los procesos hace que desde el área de mantenimiento nos centremos en la búsqueda de estrategias o la optimización del proceso, motivo para el cual se propone realizar una validación de la estructura del área de mantenimiento y del estado de su proceso con el fin de poder plantear soluciones estratégicas que permitan un óptimo desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados alineados con la organización.

Con el fin de poder dar cumplimiento a los objetivos del área de mantenimiento se hace necesario contar con herramientas de seguimiento, control y análisis que permitan realizar toma de decisiones en pro de optimizar y corregir desviaciones en el proceso antes de que sea demasiado tarde.

Por lo anterior este proyecto se centrará en el área de mantenimiento de la organización y el estudio actual permitirá identificar puntos de mejora en el proceso, adicional a la elaboración de un Balance Score Card para esta área alineados a la estrategia de la compañía.

#### **4.1.1 Delimitación.**

Esta investigación aplica al proceso de mantenimiento de vehículos de la empresa CapitalBus S.A.S, ubicada en la localidad octava Kennedy, Bogotá, Cundinamarca, se establece que el área de mantenimiento vehicular es una de las más importantes en la operación y es necesario para dar cumplimiento a los objetivos estratégicos de la organización, cumplimiento contractual y asegurar la continua operación, se hace necesario poder controlar y optimizar los indicadores de cumplimiento del área en mención.

#### **4.2 Limitaciones.**

Para el desarrollo de la investigación, se cuenta con acceso a la información de la planeación estratégica de la organización, de mantenimiento y financiera, de la cual se tomará la información necesaria para este caso de estudio.

Espacio: Una de las principales limitaciones está relacionada con la confiabilidad de la información que indique el registro de las actividades realizadas a los activos que permita establecer su estado real, las fallas que haya manifestado, para así determinar los cursos de acción más viable para optimizar su funcionamiento.

Tiempo: El tiempo es una limitante importante para el desarrollo del presente estudio, dado a las diferentes actividades que se realizan en el día a día las cuales pueden afectar el cronograma para poder realizar toda la recopilación de la información, evaluación, indicadores y presentación de las propuestas que permitan establecer la mejor opción de indicadores o tablero de control enfocados en los resultados del proceso, por lo que al contar con un tiempo limitado,

se puede presentar que por la premura, los análisis de los datos obtenidos no sea la más adecuada para el desarrollo del proyecto y se presenten en errores de interpretación.

## **5 Marco Referencial**

### **5.1 Estado del arte.**

#### **5.1.1 Estado del arte nacional**

##### **5.1.1.1 Propuesta de Optimización del Plan de Mantenimiento para Disminuir los varados en Vía de la Flota de Buses de la Empresa ETIB SAS**

En el año 2020 los autores Anderson Ley Ramos Franco, Andrés David Espinel Ballesteros y Julián David Rodríguez Aguilar, desarrollaron como opción de grado en la Universidad ECCI la investigación titulada “Propuesta de Optimización del Plan de Mantenimiento para Disminuir los varados en Vía de la Flota de Buses de la Empresa ETIB SAS”, los autores presentan aplicaciones de mantenimiento correctivo, preventivo, en flota de vehículos para optimizar y disminuir los varados en la vía, usaron metodologías como: TPM (Total Productive Maintenance), Pareto y análisis, y RCM (Reliability centred maintenance). (Ramos Franco, Espinel Ballesteros, & Rodríguez Aguilar, 2020). El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta la aplicación de herramientas importantes como TPM y RCM.

##### **5.1.1.2 Diseño de una metodología para la implementación de indicadores de gestión.**

En el año 2016 la autora Jenny Milena Orjuela Alfonso desarrolló como opción de grado en la Universidad ECCI la investigación titulada “Diseño de una metodología para la

implementación de indicadores de gestión”, en esta se presentan beneficios del Balance Score Card, la importancia de los mapas estratégicos y el enfoque en la toma de decisiones. (Orjuela Alfonso, 2016). El trabajo citado sirve como guía para establecer la implementación del Balance Score Card.

#### **5.1.1.3 Plan de monitoreo y control a través de los análisis de aceite para motor y transmisión de vehículos articulados mercedes para la empresa sistemas operativos móviles - somos k. s. a.**

En el año 2016 los autores Paula Andrea Calderón Camacho y Mayra Daniela López Álvarez desarrollaron como opción de grado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas la investigación titulada “Plan de monitoreo y control a través de los análisis de aceite para motor y transmisión de vehículos articulados mercedes para la empresa sistemas operativos móviles - SOMOS K. S. A.” en este trabajo se presentan guías para seguir y aplicar en el tema de monitoreo y control. (Calderón Camacho & López Álvarez, 2016).

#### **5.1.1.4 Benchmarking del proceso de mantenimiento para la flota de buses del sistema integrado de transporte urbano-SITP y la empresa MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORITY-MBTA**

En el año 2018, los autores Naila Viviana Rodríguez Gómez y Sebastián Hincapié Duque desarrollaron como opción de grado en la Universidad Católica de Colombia la investigación titulada “Benchmarking del proceso de mantenimiento para la flota de buses del sistema integrado de transporte urbano-SITP y la empresa MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORITY-MBTA” (Rodríguez Gómez & Hincapié Duque, 2018), esta investigación sirve como guía para apoyar el desarrollo de los mantenimientos como se muestran por parte de la empresa MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORITY-MBTA.

**5.1.1.5 Propuesta de un Programa de Mantenimiento para los Activos de una Compañía del Sector de Obra Civil en la división de Alquiler de Equipos. “Caso de Estudio Retrocargador de oruga Hitachi 200”.**

En el año 2021, los autores Yohana Alexandra Ramírez Ramírez y Mayerly Herrera Ladino desarrollaron como opción de grado en la Universidad ECCI la investigación titulada “Propuesta de un Programa de Mantenimiento para los Activos de una Compañía del Sector de Obra Civil en la división de Alquiler de Equipos. “Caso de Estudio Retrocargador de oruga Hitachi 200””, los autores presentan propuestas de seguimiento a los mantenimientos que se realizan como ciclo PHVA, gestión de activos y diferentes tipos de fallas. (Ramírez Ramírez & Herrera Ladino, 2021), La investigación sirve de guía para realizar el seguimiento a los planteamientos que realicemos con CapitalBus.

**5.1.1.6 Análisis de la incidencia del plan de capacitación en las fallas de la flota de vehículos híbridos volvo b215-rh**

En el año 2015, los autores John Sebastián Díaz Camargo y Edwin Alberto López López desarrollaron como opción de grado en la Universidad ECCI la investigación titulada “Análisis de la incidencia del plan de capacitación en las fallas de la flota de vehículos híbridos volvo b215-rh” los autores analizan e identifican fallas generalizadas a causa de fallas operativas y se enfocan en la capacitación de las personas, (Díaz Camargo & López López, 2015), la investigación se enfoca y sirve de modelo para dar capacitación, que sirve para sacar los daños por fallas operativas y mitigar fallas mecánicas.

### **5.1.1.7 Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de Paola Ortiz Ardila ingeniería S.A.S bajo la resolución 0312 de 2019**

En el año 2021, los autores Laura Daniela Guerrero Romero y Javier Gonzalo Mahecha Carvajal desarrollaron como opción de grado en la Universidad ECCI la investigación titulada “Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de Paola Ortiz Ardila ingeniería S.A.S bajo la resolución 0312 de 2019” la investigación se enfoca en la normativa colombiana en el Decreto 1072 del 2015 y la Resolución 0312 de 2019 en el cual nos enseñan acerca de la gestión de seguridad en el trabajo. (Guerrero Romero & Mahecha Carvajal, 2021), la investigación sirve de guía para implementar la parte de seguridad en la empresa.

## **5.1.2 Estado del arte internacional**

### **5.1.2.1 Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de Cañar.**

En el año 2012 el autor desarrolló una tesis en la Universidad desarrollaron como opción de grado en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, previa para la obtención de su título de ingeniero mecánico Automotriz titulada “Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de Cañar”, la investigación sirve de sustento en temas de Sistemas de mantenimiento, tipos de flotas vehiculares, gestión de repuestos y costos de recambio. (Padilla Valdez, 2012), la investigación sirve de guía de cómo utilizar datos para revisión vehicular.

### **5.1.2.2 Propuesta de mejora del sistema de medición de indicadores de gestión de la calidad de la empresa BYLL SRL contratistas generales certificada bajo la norma ISO 9001 – 2008.**

En el año 2016 los autores Jessenia Castillo Gallo y Roberto Vicencio Segovia desarrollaron una tesis en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Escuela de Postgrado llamada “Propuesta de mejora del sistema de medición de indicadores de gestión de la calidad de la empresa BYLL SRL contratistas generales certificada bajo la norma ISO 9001 – 2008”, trataron temas acerca de gestión de la calidad y revisión de indicadores. (Castillo Gallo & Vicencio Segovia, 2021), Sirve de guía para el enfoque en la implementación del sistema de gestión de calidad.

### **5.1.2.3 Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE**

En el año 2009 el autor Pablo Camacho Salazar desarrolló el proyecto final de graduación en el Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en construcción llamada “Diseño de un Plan Modelo de Mantenimiento para Edificios del ICE” Se usan metodologías para evaluación de procesos, guías de ciclos de mantenimiento y formularios de inspecciones. (Camacho Salazar, 2009), la investigación sirve de guía para la implementación de la forma estructurada de los tipos de mantenimiento.

### **5.1.2.4 El desaparecido manual de mantenimiento de la Línea 12 del Metro**

En el año 2021 el autor Raúl Rodríguez Cortés realizó un artículo en el Periódico “EL UNIVERSAL” de México acerca del “desaparecido manual de mantenimiento de la Línea 12 del Metro” en esta muestra lo que se puede ocasionar con la falta de mantenimiento a las estructuras y en general a cualquier equipo. (Rodríguez Cortés, 2021), los siguientes links de los documentos referentes a la publicación;

Documento 1: <https://www.eluniversal.com.mx/interactivos/2021/pdf/linea12-1.pdf>

Documento 1: <https://www.eluniversal.com.mx/interactivos/2021/pdf/linea12-2.pdf>

Documento 3: <https://www.eluniversal.com.mx/interactivos/2021/pdf/linea12-3.pdf>

Documento 4: <https://www.eluniversal.com.mx/interactivos/2021/pdf/linea12-4.pdf>

### **5.1.2.5 Estudio, evaluación y mejoras en mantenimiento de buses interurbanos**

En el año 2017 el autor realizó una investigación para optar al título de Técnico Universitario en MECANICA AUTOMOTRIZ en la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña Del Mar - José Miguel Carrera llamada “Estudio, evaluación y mejoras en mantenimiento de buses interurbanos” se tratan temas como tipificación del mantenimiento, gestión del mantenimiento y metodologías de investigación. (Bernabé Estay Urbina, 2017), La investigación sirve de guía para implementar la metodología de la investigación y tipos de mantenimiento en sistemas de transporte.

El contar con un proceso de mantenimiento fuerte y con indicadores que permitan realizar el seguimiento y control de las actividades y acciones del proceso de mantenimiento permite actuar a tiempo mitigando así los posibles puntos frágiles que pueden afectar la operación.

## **5.2 Marco Teórico.**

### **5.2.1 ¿Qué es un KPI de mantenimiento?**

Un indicador de mantenimiento es esencial para cualquier empresa dotada de equipos cuyo buen funcionamiento repercute en su actividad y resultados (particularmente en el sector industrial). (González, 2021)

La selección y la aplicación de los indicadores de mantenimiento responden a los objetivos específicos de la empresa. Estos deben ser recogidos conscientemente, mediante

sensores o intervención humana, y analizados para transformarlos en acciones a planificar, según las necesidades de cada empresa (aumento total de la producción, de la calidad, del bienestar y la seguridad de sus empleados, etc.).

Los KPI de mantenimiento pueden dividirse en dos grandes familias:

Indicadores clave de rendimiento, entre ellos:

La disponibilidad de los equipos, la fiabilidad, el rendimiento, la eficacia, el tiempo promedio de averías, la eficiencia del departamento de mantenimiento, etc.

### 5.2.2 ¿Cuáles son los KPI de mantenimiento?

Cálculo de la fiabilidad con el MTBF

El MTBF es uno de los indicadores que permite comprender la fiabilidad de un equipo, junto con la tasa de fallos, o tasa de averías.

El MTBF es la media del tiempo de buen funcionamiento entre dos fallos (o Mean Time Between Failure) y se calcula de la siguiente manera:

Tiempo total de funcionamiento en un periodo determinado/número de fallos o averías

Ejemplo de cálculo del MTBF, si el tiempo de referencia es de 160 horas, y si el tiempo acumulado de las 5 averías registradas en este periodo es de 10 horas:

$$\triangleright (160 \text{ h} - 10 \text{ h}) / 5 = 30 \text{ horas}$$

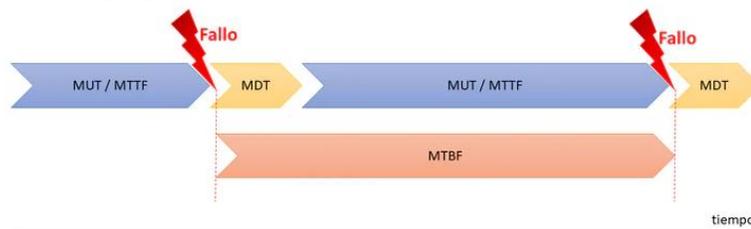
La tasa de fallos es de 5 fallos/160 horas de funcionamiento = 0,03 fallos por hora (3%).

Se pueden controlar otros indicadores de fiabilidad:

- MTTF (tiempo medio de funcionamiento de un equipo antes de la primera avería),
- MUT (tiempo medio de funcionamiento tras la reparación).

### Ilustración 1

*MDT Mean Down Time (Tiempo promedio de avería)*



Fuente: (APPVIZER, 2021)

### Cálculo del rendimiento con el OEE

La Eficacia Global de Equipos Productivos, o en inglés Overall Equipment Effectiveness, es la relación entre la producción real y la producción máxima.

Esta información se obtiene gracias a este cálculo:

- OEE = Tasa de disponibilidad X tasa de rendimiento X tasa de calidad
- Tasa de disponibilidad = tiempo de funcionamiento bruto/tiempo de funcionamiento teórico
- Tasa de rendimiento = tiempo de funcionamiento neto/tiempo de funcionamiento bruto
- Tasa de calidad = tiempo útil (de producción óptima) /tiempo de funcionamiento neto

Ejemplo de cálculo del OEE:

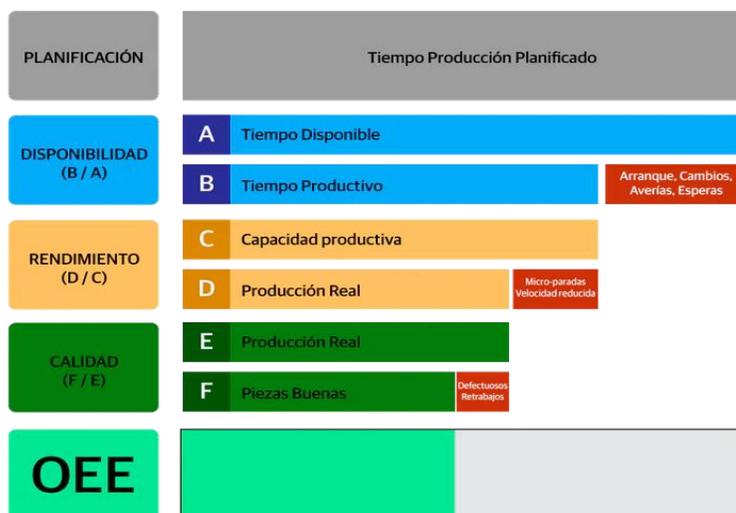
si el tiempo teórico = 10 h, el tiempo bruto = 8 h, el tiempo neto = 7 h, el tiempo útil= 5 h

30

- ▷ Tasa de disponibilidad =  $8/10 = 0,8$  (80%)
- ▷ Tasa de rendimiento =  $7/8 = 0,875$  (87,5%)
- ▷ Tasa de calidad =  $5,5/7 = 0,785$  (78,5%)
- ▷ OEE =  $0,8 \times 0,875 \times 0,785 = 0,549$  (54,9%)

## Ilustración 2

### Sistemas OEE



Fuente: (APPVIZER, 2021)

### Cálculo de la tasa de reparación con el MTTR

El MTTR es la media del tiempo medio de reparación (Main Time To Repair) y se calcula así:

- Tiempo total de mantenimiento/número de reparaciones

Esta tasa no sólo da una medida de la eficacia de las intervenciones, sino también una idea de la capacidad de mantenimiento de un equipo, que depende de criterios como:

La documentación técnica, la facilidad de acceso, la facilidad de uso, ergonomía, la seguridad, los criterios del fabricante (diseño, servicio posventa, disponibilidad de un componente o servicio y coste de las piezas de recambio), los tipos de mantenimiento aplicados (seguimiento de los equipos o reparación sólo en caso de avería, índice de mantenimiento preventivo y correctivo).

## Cálculo de la disponibilidad de los equipos

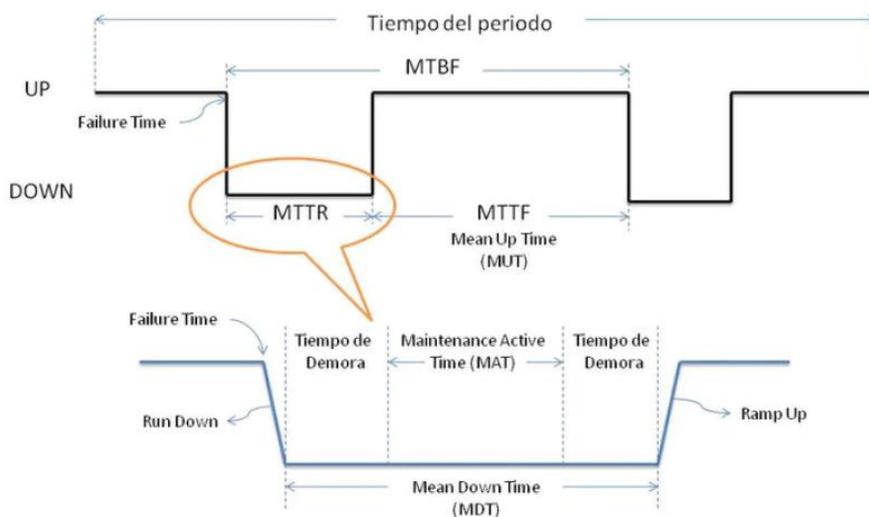
La disponibilidad depende de:

La fiabilidad (MTBF), la mantenibilidad (MTTR), la logística de mantenimiento (organización, procedimientos de mantenimiento y reparación, recursos humanos, gestión del inventario de componentes y piezas de repuesto, etc.).

Así se calcula el total de la tasa de disponibilidad durante un periodo T:

Tiempo de uso y espera/ (tiempo de uso y espera + tiempo de mantenimiento)

### Ilustración 3 Tiempos de mantenimiento



Fuente: (APPVIZER, 2021)

### La importancia del indicador PMP

El Porcentaje de Mantenimiento Planificado, o Planned Maintenance Percentage, indica el grado de eficiencia y éxito en la gestión de una empresa. Existen dos cálculos:

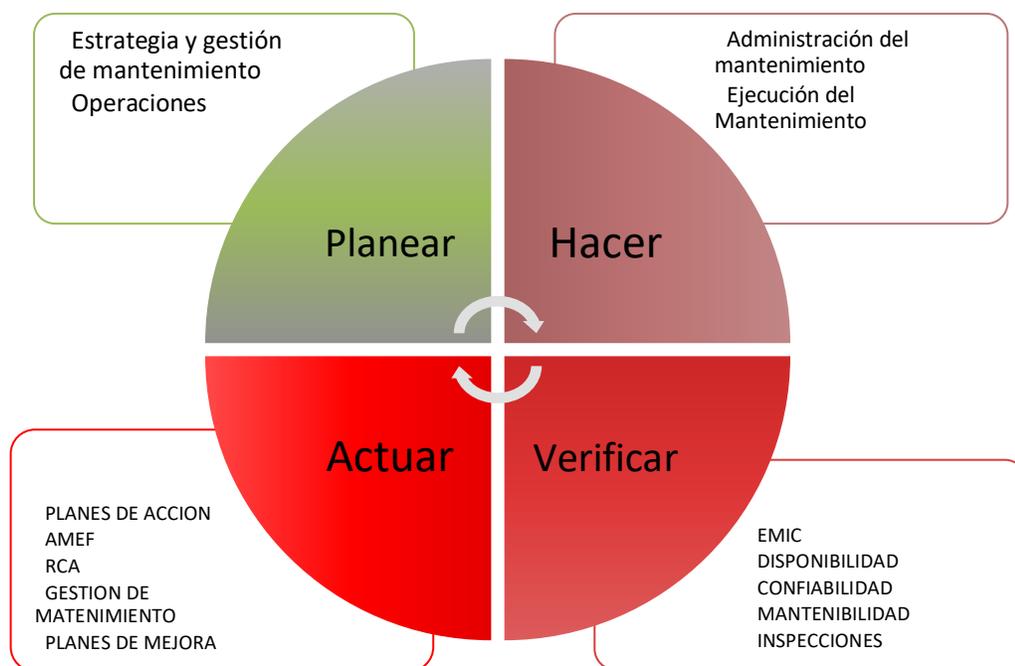
Porcentaje de mantenimiento programado o preventivo: debe ser lo más cercano posible al 100%, se calcula de la siguiente manera:

Suma de horas dedicadas al mantenimiento preventivo/número de horas totales de mantenimiento

- Índice de mantenimiento correctivo, cuyo cálculo es:
- Suma de horas dedicadas al mantenimiento correctivo/número de horas totales de mantenimiento.

### Ilustración 3

*Ciclo PHVA Macroproceso de Mantenimiento Transmilenio SA.*



Fuente: Propia

### 5.2.3 Tipos de mantenimiento

Tradicionalmente, se han distinguido cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen: (Renovetec, 2015)

**Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos.

**Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

**Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

**Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

**Mantenimiento En Uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones

visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

### 5.3 Marco normativo legal

Por tanto, a todas las definiciones dadas por el ente gestor y a las cuales todos los consorcios operadores del sistema Transmilenio deben encontrarse alineadas al PEGA de este, también es necesario que los objetivos misionales de cada consorcio se encuentren alineados con los objetivos de Transmilenio.

Dadas estas razones los objetivos y la misión del área de mantenimiento no solo debe encontrarse alineados con los objetivos organizacionales de CapitalBus, sino que también deben encontrarse alineados con la misión, la visión y los objetivos de Transmilenio SA y al PEGA planteado por ellos, esto permite visualizar esta APP (alianza publico privada) no como varias empresas sino, como una sola organización enfocada a un objetivo en común.

### 5.4 Marco histórico

“Hace más de 20 años un grupo de inversionistas hizo realidad el sueño de ser parte del sistema masivo de transporte de pasajeros en la ciudad de Bogotá. Sueño que desde el inicio ha sobrepasado las expectativas, y que permitió la constitución de un grupo de organizaciones prestadoras de diferentes servicios para el sistema.

Para este grupo de familias, mujeres y hombres soñadores, llenos de pasión, no había metas imposibles, por tal razón desde un principio como promesa de sociedad futura constituyen CapitalBus S.A.S.; en busca de la adjudicación de la operación del patio taller Américas, de modo que el 21 de diciembre de 2018, todo el esfuerzo, entrega y sacrificio son recompensados

con la firma del contrato de concesión entre Transmilenio S.A. y CapitalBus S.A.S. Generando empleo para más de 700 familias, invirtiendo en la operación y mantenimiento de 260 buses biarticulados a gas natural, siendo la concesión con mayor número de buses de esta tipología en el mundo; mejorando el aire de Bogotá y marcando la diferencia en la prestación del servicio público de transporte de pasajeros.

Como es de esperarse con el proyecto se establecieron nuevos retos, en algunas ocasiones la incertidumbre hacía su parte, pero siempre unidos como familia se logró generar el apoyo suficiente para continuar la ardua tarea de poner en marcha uno de los portales más grandes del sistema. Entre esos grandes retos encontramos: el establecimiento de un modelo financiero sólido que permitiera establecer un equilibrio entre los gastos y los costos de la operación; el diseño de una estructura organizacional con enfoque por procesos; y la credibilidad y confianza del recurso humano de las personas que hacían parte de este gran grupo.

La experiencia de más de 20 años, le dio a CapitalBus S.A.S. la capacidad de tomar todas las decisiones necesarias para que el 1 de marzo del 2020 a las 3:30 a.m., iniciara la operación del sistema desde el patio Taller Américas, funcionando 24 horas al día, 7 días a la semana durante 10 años.

Y este es solo el comienzo de una larga historia llena de sueños, objetivos y metas que nos permitirán ser los constructores de realidades en la ciudad y en la vida de todas las personas que son impactadas por nosotros.”

CapitalBus SAS. es una empresa de transporte masivo operadora del sistema Transmilenio que cuenta con una flota de 260 buses biarticulados, la cual empieza su operación el 01 de marzo del año 2020 con 130 móviles y el restante de la flota ingresa a partir del mes de junio del mismo año, su Sistema de Gestión de Calidad incluye la administración del

mantenimiento de la flota; desde la estructura Gerencial hasta las prácticas de mantenimiento en patio la cual se fundamenta bajo la metodología TPM y los lineamientos de administración de activos contemplados en la norma ISO 55001 de gestión de activos este se encuentra bajo alianza publico privada según contrato de concesión 074 de 2018.

Desde sus inicios se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para toda la flota basado en revisiones periódicas, el cual abarca el 100% de los componentes del vehículo, este es controlado por medio de la variable de control la cual son los kilómetros recorridos por el móvil, a su vez al realizar la verificación de esta variable se realizan ajustes periódicos según sea necesario al plan de mantenimiento en busca de mejorar las condiciones de confiabilidad y disponibilidad de la flota continuamente al igual que la mayor duración de los componentes del equipo.

De esta forma se trata de minimizar los efectos de las averías anticipándose a estas mediante la sustitución sistemática de partes del sistema antes de su fallo. Mediante esta estrategia hacemos disminuir los costes por pérdidas de producción.

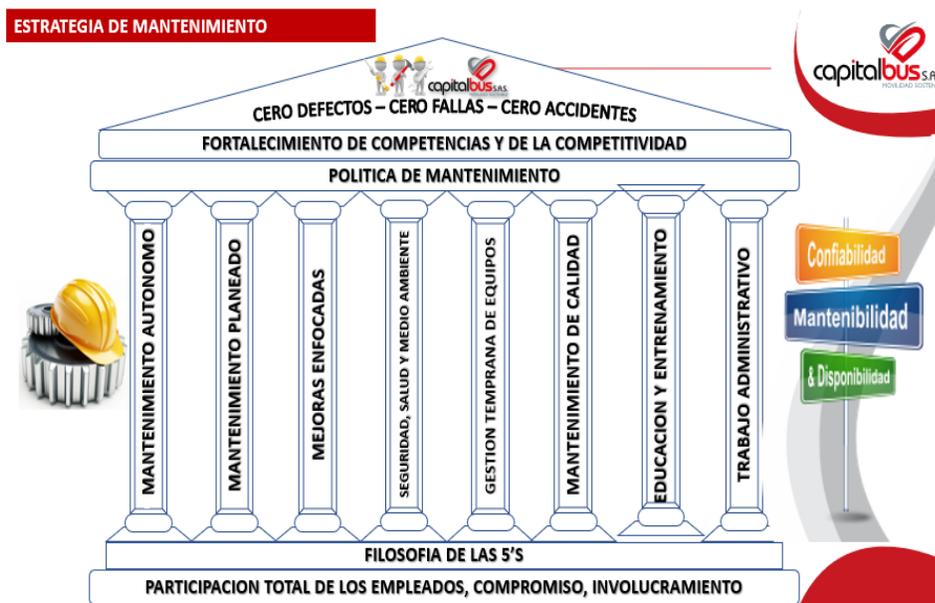
También se realiza análisis (Mantenimiento Predictivo), mediante el uso de diversas técnicas de diagnóstico y el estudio de la tendencia de los parámetros operacionales, con el fin de evaluar la condición mecánica de la máquina y su evolución a través del tiempo; En base a estas indicaciones, se programan las necesidades de mantenimiento de los vehículos.

Este se fundamenta bajo los pilares del mantenimiento productivo total (TPM), siempre en búsqueda de mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de la flota siendo costos efectivos aumentando la vida del activo.

**Ilustración 4**  
*Planeación estratégica de Mantenimiento CapitalBus*



**Ilustración 5**  
*Estrategia de Mantenimiento Capital Bus*



Fuente: Propia

Adicional a la metodología anteriormente mencionada el mantenimiento se encuentra alineado por los parámetros de la gestión de activos, basado en el grupo de normas ISO 55000, por medio el cual se busca obtener:

### Ilustración 6

*Parámetros Gestión de activos alineados a la estrategia CapitalBus*



Fuente: Propia

La gestión eficaz y eficiente de los activos y la optimización del mantenimiento garantizará la rentabilidad de la inversión y aumentará los beneficios de la empresa.

### Ilustración 7 Evolución de la Gestión de Activos



Fuente Congreso técnico FICEM 2014

Con base a la revisión de indicadores y trazabilidad de esta estrategia de mantenimiento, realizando los ajustes necesarios y cubriendo en un 100% los componentes del vehículo, damos cumplimiento al numeral 11.5 del contrato de concesión 074 de 2018.

## **6 Marco metodológico**

### **6.1 Recolección de la información**

La presente investigación se realizó al interior de la empresa CapitalBus, empresa operadora del sistema de transporte masivo de Bogotá, para el caso de este estudio se realizó, se tomó el proceso de mantenimiento vehicular y basados en el levantamiento de la información histórica del proceso, la planeación estratégica y requerimientos legales y contractuales de la organización, poder realizar el desarrollo de este proyecto.

#### **6.1.1 Tipo de investigación**

Conforme a lo enmarcado en los objetivos generales y específicos de este caso de estudio que permita el correcto desarrollo del proyecto y la realización de la investigación que oriente a las mejores decisiones y acciones a poner en práctica.

Por tanto, se presenta el procedimiento de análisis, este se centra en la investigación orientada a decisiones, esta no se enfoca en realizar o hacer aportes teóricos, sino buscar soluciones a los problemas, la investigación de acción hace parte de esta metodología donde se concentra en generar cambios en una realidad estudiada y no coloca énfasis en lo teórico. Trata de unir la investigación con la práctica a través de la aplicación, y se orienta en la toma de decisiones y es de carácter ideográfico.

Basado en los diferentes tipos de investigación que pueden verse relacionados en el proceso de investigación, se relacionan en la siguiente tabla, los diferentes tipos de investigación que se usaron en el transcurso de esta:

**Tabla 1**  
*Tipos de investigación*

Tipo	Descripción
Estudio Exploratorio	También conocido como estudio piloto, son aquellos que se investigan por primera vez o son estudios muy pocos investigados. También se emplean para identificar una problemática.
Estudios Históricos	Toma los eventos como referencia, de esta manera poder establecer la tendencia de los acontecimientos analizados
Estudios Documentales	Toma la información documental de la organización que compete con el proceso que se está analizando
Estudios Descriptivos	Reseña rasgos, cualidades o atributos de la población estudiada.
Estudios Correlacionales	Evalúa el grado de relación que deben tener los datos y resultados en el proceso para el cumplimiento de los objetivos
Estudios Explicativos	Orienta por qué el resultado de los análisis realizados
Estudios de caso	Se enfoca en el análisis de una actividad específica
Estudios de Selección	Recolección de la información necesaria del proceso para el caso de estudio
Estudios Experimentales	Analiza el resultado obtenido de la manipulación o ajuste de la información del proceso

Nota: La table presenta los diferentes tipos de investigación aplicables en el contexto académico; Fuente: Tecana American University (TAU), Of the United States

### **6.1.2 Fuentes de la información.**

El objetivo final de esta investigación es identificar las necesidades del proceso de mantenimiento en cuanto a las mediciones a realizar periódicamente, control y análisis mediante indicadores por medio del desarrollo de un cuadro de control o Dash Board; dado a la ausencia de una metodología de medición por medio de indicadores establecidos que permita realizar seguimiento al proceso, orientado al cumplimiento de los objetivos estratégicos e indicadores de seguimiento contractuales, por tal motivo se establecen las siguientes fuentes de información.

#### **6.1.2.1 Fuentes primarias.**

Como fuentes primarias para la obtención de la información se contará con:

- Reportes de todos los vehículos y de las actividades de mantenimiento generadas por medio del software de gestión de activos de la compañía, Por medio del área de planeación estratégica de la organización se obtendrá la información pertinente a esta (planeación estratégica, mapas estratégicos, objetivos, entre otros)., Con el apoyo de la gerencia general se accederá al contrato de concesión y manual técnico de operación en el cual se encuentran especificados los indicadores y mecanismos de medición por parte del ente gestor, los cuales son de vital importancia para el actual proyecto, Se tendrán acceso a las bases de datos de los hallazgos e inmovilizaciones que afectan el proceso de mantenimiento y que serán parte del análisis realizado adicional a que también serán fuente que permitirá al proceso identificar PARETOS para ser analizados por medio de metodologías como el RCA
- Documentación pertinente del proceso de mantenimiento como: manuales, procedimientos, política de mantenimiento, caracterización del proceso.

### **6.1.2.2 Fuentes secundarias.**

Como soporte del proceso con el fin de cumplir con las necesidades del proyecto se tendrán en cuenta la información mencionada en la investigación planteada en estado del arte, la cual hace referencia a trabajos de grado que se encuentran en los repositorios de diferentes universidades, entre las cuales se encuentra la universidad ECCI, normatividad nacional e internación aplicable al proceso de esta investigación, adicional a ya nombrada en el marco normativo y legal, también se contara con referencias de libros o material publicado por diferentes editoriales que aporten al buen desarrollo de esta investigación.

### **6.1.3 Herramientas.**

Las herramientas usadas para el desarrollo de este proyecto de investigación se centran en metodologías de medición, seguimiento y análisis, al igual que metodologías de evaluación subjetiva como el DOFA con el fin comprender, presentar, discutir y tomar decisiones, con el fin de poder establecer una visión global del proceso y así identificar las mediciones o seguimientos necesarios en el proceso de mantenimiento, los software de gestión del proceso de mantenimiento también son herramientas importantes en la recolección de la información.

#### **6.1.3.1 Evaluación del desempeño.**

La norma ISO 55000 en su numeral 2.5.3.7 indica:” La organización deberá evaluar el desempeño de sus activos, de la gestión de los activos y de su sistema de gestión de activos. Las mejoras del desempeño pueden ser directas o indirectas, financieras o no financieras:”. (Instituto de Normas Técnicas ICONTEC, 2015).

También en la norma ISO 55001, en el capítulo 9 numeral 9.1 indica: “Seguimiento, medición, análisis y evaluación: la organización debe determinar:

- a) Lo que se necesita monitorear y medir.

- b) Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según sea aplicable, para asegurar la validez de los resultados.
- c) El momento en el que se debe realizar el seguimiento y la medición.
- d) El momento el que se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar:

- El desempeño de activos
- El desempeño de la gestión de activo, incluyendo el desempeño contable y extracontable;
- La eficiencia del sistema de gestión de activos.

La organización debe evaluar em informar sobre la eficacia de los procesos para gestionar los riesgos y las oportunidades.

La organización debe conservar la información documentada adecuada como evidencia de los resultados del seguimiento, la medición, el análisis y la evaluación.”. (Instituto de Normas Técnicas ICONTEC, 2015).

Por tanto, el planteamiento realizado, busca mediante la información documentada establecer una propuesta de un mecanismo que permita realzar la medición, seguimiento y control del desempeño y la gestión de mantenimiento para la flota de vehículos pertenecientes a CapitalBus.

### **6.1.3.2 El ciclo Deming.**

También conocido como ciclo PDCA por sus siglas en inglés (Plan, Do, Check, Act) o PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), permite cumplir un clico en búsqueda de la mejora continua de cuatro pasos, basado en el concepto de Walter A. Shewhart, este busca solución a problemas específicos para alcanzar la optimización de los procesos. En conclusión, lo que se

buscar es mejorar la competitividad, aumentar la productividad y reducir costos aumentando la rentabilidad del negocio.

**Ilustración 8**  
*Ciclo de Deming*



Fuente: propia

**6.1.4 Metodología.**

La metodología implementada para el desarrollo de este proyecto se enfoca al cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente, para lo cual se describe a continuación:

Desarrollo del objetivo específico No.1: “Caracterizar el proceso de mantenimiento y el mecanismo por el cual se realiza la medición y control del proceso”, se tomará como partida inicial la caracterización de mantenimiento donde se especifica el alcance y los objetivos del área con el fin de identificar la mejor metodología de medición seguimiento y control a ser implementada.

Desarrollo del objetivo específico No.2: “Identificar cuáles son las necesidades del proceso que deban ser sujetos de medición, análisis de los resultados y generación de acciones, alineándolos a las metas establecidas en la planeación estratégica de la organización”, a través de la información recolectada del proceso y con respecto a los requerimientos contractuales, evaluar y seleccionar los KPI’s que permiten controlar el proceso y dar cumplimiento a los objetivos,

adicional por medio del análisis de estos permita la mejora continua al establecer planes de acción orientados a corregir las desviaciones que puedan identificarse en el proceso.

Desarrollo del objetivo específico No.3: “Generar la documentación requerida e indicadores para la implementación de un tablero de control que permita el análisis de información y la toma de decisiones. (Definir los KPI’s, el método de medición, cálculo, análisis y control”. Posterior al análisis realizado del proceso e identificar las necesidades de medición y control, se entregará una propuesta de herramienta de indicadores de gestión cuya finalidad sea el control del proceso en pro del cumplimiento de los objetivos estratégicos y de los requerimientos establecidos por el ente gestor, se dejarán identificadas las fuentes de información de las cuales se tomarán los datos para realizar el respectivo cálculo de los indicadores.

La estructura del tablero de control permitirá realizar seguimiento del proceso y estado del cumplimiento de los objetivos, adicional a esto permitirá llevar el seguimiento al estado de resultados que aplican en la medición de la evaluación mensual integral de la calidad; este cuadro de control también aporta información para realizar los estudios necesarios con el fin de identificar las causas raíz que estén afectando el resultado enfocado al cumplimiento de los indicadores.

#### **6.1.5 Información recopilada**

La organización se encuentra ubicada en el patio taller de las Américas donde se realiza el mantenimiento de la flota vehicular compuesta por 260 vehículos Biarticulados con chasis Scania F340HA con motor dedicado a gas natural vehicular y transmisión automática Allisson con carrocería Marcopolo Gran Viale BRT.

### 6.1.5.1 Estructura organizacional

Cuenta con una estructura organizacional basada en procesos, por tanto, se consideran no solo las actividades realizadas sino también como interactúan entre sí; una de las ventajas de este tipo de organización es su adaptabilidad a los cambios, y una de las desventajas de este tipo de estructura es la comunicación.

### 6.1.5.2 Red de procesos

CapitalBus, cuenta con una red de procesos donde se puede ver el proceso de mantenimiento como proceso operativo donde se integran los demás procesos de la organización para el cumplimiento de los objetivos.

#### Ilustración 9

*Red de Procesos CapitalBus*



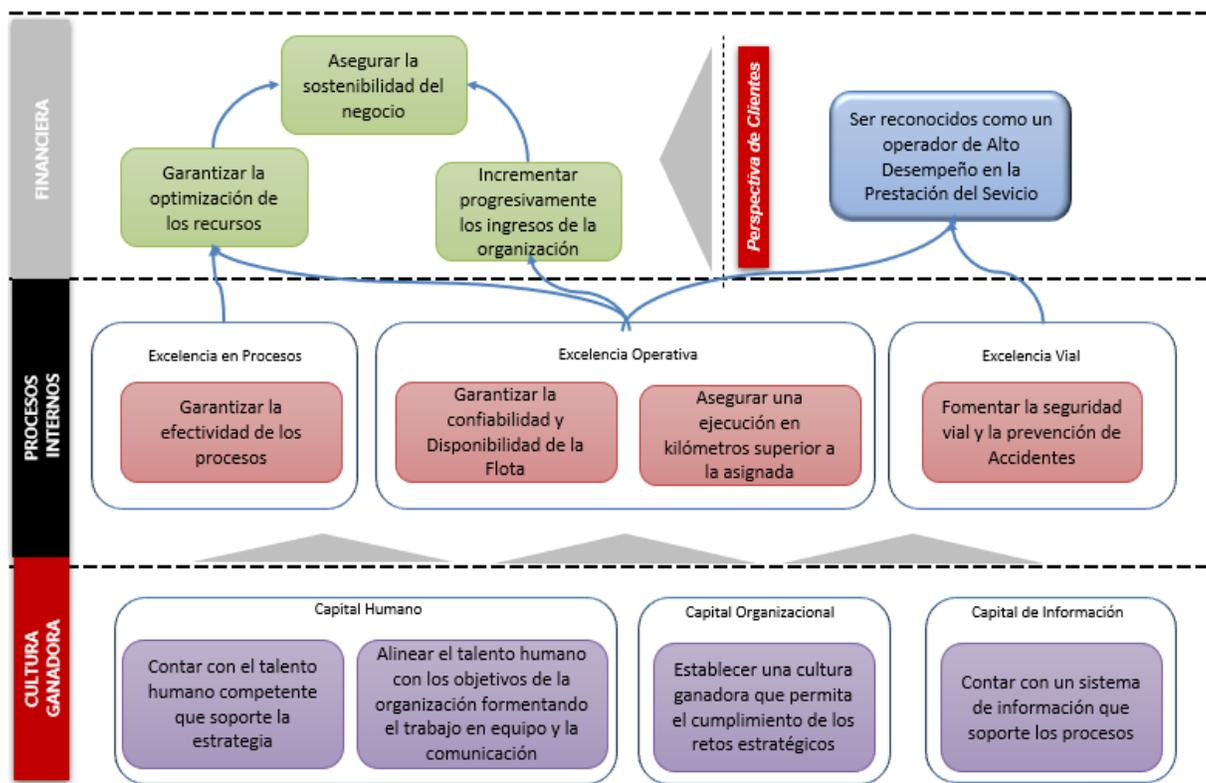
Fuente: Programa integral de mantenimiento CapitalBus

### 6.1.5.3 Mapa estratégico de la organización

Es necesario entender el mapa estratégico de la organización y cuáles son los objetivos de esta, esto con el fin de poder establecer cuáles son los indicadores que permiten realizar el seguimiento y control del proceso en pro del cumplimiento de estos.

#### Ilustración 10

Planeación estratégica 2021



Fuente: CapitalBus, Planeación estratégica 2021

### 6.1.5.4 Software de gestión de activos

Para la gestión de mantenimiento se cuenta con un sistema de información de gestión de activos, donde se realiza el registro de la información pertinente a las actividades de mantenimiento tanto preventivas como correctivas, en este también se lleva el control de los insumos y repuestos usados para la gestión del área y los servicios prestados por proveedores

externos, teniendo así el control sobre la información de las tareas y del plan de mantenimiento preventivo.

Infor EAM es una herramienta que permite administrar, mantener y hacer un mejor seguimiento de los activos, así como fomentar mejores decisiones para el mantenimiento, inventario/garantía, tiempo de funcionamiento, gestión de riesgos y planeamiento estratégico. Infor EAM está compuesto de tres componentes principales: gestión de activos, gestión de materiales y adquisiciones.

### **Ilustración 11**

*INFOR EAM (Enterprise Asset Management), Software de gestión de activos*



Fuente: CTN Global, Software de gestión de activos

El software de mantenimiento fue implementado y salió a producción en octubre de 2020, dentro del contrato de implementación se encontraba estipulada la implementación de un indicador de gestión, por tanto, la organización es quien debe definir los indicadores que se deben llevar y controlar en el proceso de mantenimiento.

#### **6.1.5.5 Sub procesos de la gestión de mantenimiento.**

El proceso de mantenimiento cuenta con sub procesos los cuales se integran con el fin de dar cumplimiento a la estrategia tanto del proceso como a los objetivos organizacionales, que a

su vez se orientan en el cumplimiento de los requerimientos exigidos por el ente gestor, cada uno de estos tiene una serie de responsabilidades las cuales deben ser medidos y controlados en el proceso.

### **Ilustración 12**

#### *Subprocesos de Mantenimiento CapitalBus*



Fuente: Programa integral de mantenimiento CapitalBus

#### **6.1.5.6 Rutinas de mantenimiento.**

En la investigación realizada se identifica que la compañía cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para los vehículos, los cuales son los activos más críticos de la compañía para la prestación del servicio, este cuenta con actividades periódicas en las cuales se tienen establecidos periodos de ejecución identificados como ventanas, en las cuales se pueden ejecutar las actividades de mantenimiento, las cuales siempre y cuando se realicen en este rango, se entienden como cumplimiento del plan programado.

El sistema de programación para las actividades contemplado para el plan de mantenimiento está basado en control de frecuencias de forma fija el cual es controlado desde el software de mantenimiento INFOR EAM.

**Tabla 2**  
Tipos de control de frecuencias a MP



Opción	Descripción
Fijo	Seleccione esta opción para emitir el MP basándose en una programación fija, por ejemplo, en una fecha o lectura cuando el último MP debió efectuarse originalmente.
Variable	Seleccione esta opción para emitir el MP basándose en una programación variable, por ejemplo, en una fecha o lectura en la que se completó el último MP.
Duplicado	<p>Seleccione esta opción para permitir abrir múltiples órdenes de trabajo de MP al mismo tiempo.</p> <p><b>Nota:</b> Seleccionar Duplicado como el Tipo de MP le permite crear una excepción a la regla de que un equipo de MP puede tener sólo una orden de trabajo para la orden de trabajo de MP a la vez.</p>

Fuente: Infor EAM Online Help

### 6.1.5.7 Plan de mantenimiento CapitalBus.

**Tabla 3**  
Actividades plan de mantenimiento capital bus



ACTIVIDAD	FRECUENCIA	VENTANAS	VENTANAS DE MANTENIMIENTO		OBSERVACION 1	CODIGO: MT-FR-001
			VENTANA MIN	VENTANA MAX		OBSERVACION 2
MANTENIMIENTO R	5000	+/- 1500	3500	6500	Se realiza una solavez al cumplir los primeros 5000 Km	Versión: 1.3 Fecha: 05/06/2020
MANTENIMIENTO XO	20000	+/- 1500	18500	21500		
MANTENIMIENTO S	40000	+/- 1500	38500	41500		
MANTENIMIENTO M	80000	+/- 1500	78500	81500		
MANTENIMIENTO L	160000	+/- 1500	158500	161500		
MP GNV - GL1	45	+/- 5	40	50		
MP GNV - GL2	90	+/- 5	85	95		
MP CARROCERIA - CA1	15000	+/- 4000	11000	19000		
MP CARROCERIA - CA2	60000	+/- 4000	56000	64000		
MP CARROCERIA - CA3	90000	+/- 4000	86000	94000		
MP CARROCERIA - CA4	120000	+/- 4000	116000	124000		
MP PUERTAS - PU1	30000	+/- 4000	26000	34000		
MP PUERTAS - PU2	60000	+/- 4000	56000	64000		
MP PUERTAS - PU3	90000	+/- 4000	86000	94000		
MP PUERTAS - PU4	120000	+/- 4000	116000	124000		
MP ELECTRICIDAD - EL1	30000	+/- 4000	26000	34000		
MP ELECTRICIDAD - EL2	60000	+/- 4000	56000	64000		
MP ELECTRICIDAD - EL3	120000	+/- 4000	116000	124000		
MP-ELECTRICIDAD- EL4	20000	+/- 4000	16000	24000		
MP-ELECTRICIDAD- EL5	30000	+/- 4000	26000	34000		
MP-ELECTRICIDAD- EL6	10000	+/- 4000	6000	14000		
MP FRENOS - FR1	20000	+/- 3000	17000	23000		
MP FRENOS - FR2	40000	+/- 3000	37000	43000		
MP FRENOS - FR3	60000	+/- 3000	57000	63000		
MP FRENOS - FR4	120000	+/- 4000	116000	124000		
MP FRENOS - FR5	160000	+/- 4000	156000	164000		
MP FRENOS - FR6	360000	+/- 4000	356000	364000		
MP FRENOS - FR7	720000	+/- 4000	716000	724000		
MP CHASIS Y QUINTA RUEDA - QR1	30000	+/- 3000	27000	33000		
MP CHASIS Y QUINTA RUEDA - QR2	60000	+/- 3000	57000	63000		
MP SUSPENSION Y DIRECCION - SD1	30000	+/- 3000	27000	33000		
MP SUSPENSION Y DIRECCION - SD2	60000	+/- 3000	57000	63000		
MP ADMISION Y ESCAPE - AE1	40000	+/- 4000	36000	44000		
MP ADMISION Y ESCAPE - AE2	120000	+/- 3000	117000	123000		
MP ADMISION Y ESCAPE - AE3	240000	+/- 3000	237000	243000		
MP HIDRAULICO - HD1	40000	+/- 3000	37000	43000		
MP HIDRAULICO - HD2	80000	+/- 3000	77000	83000		

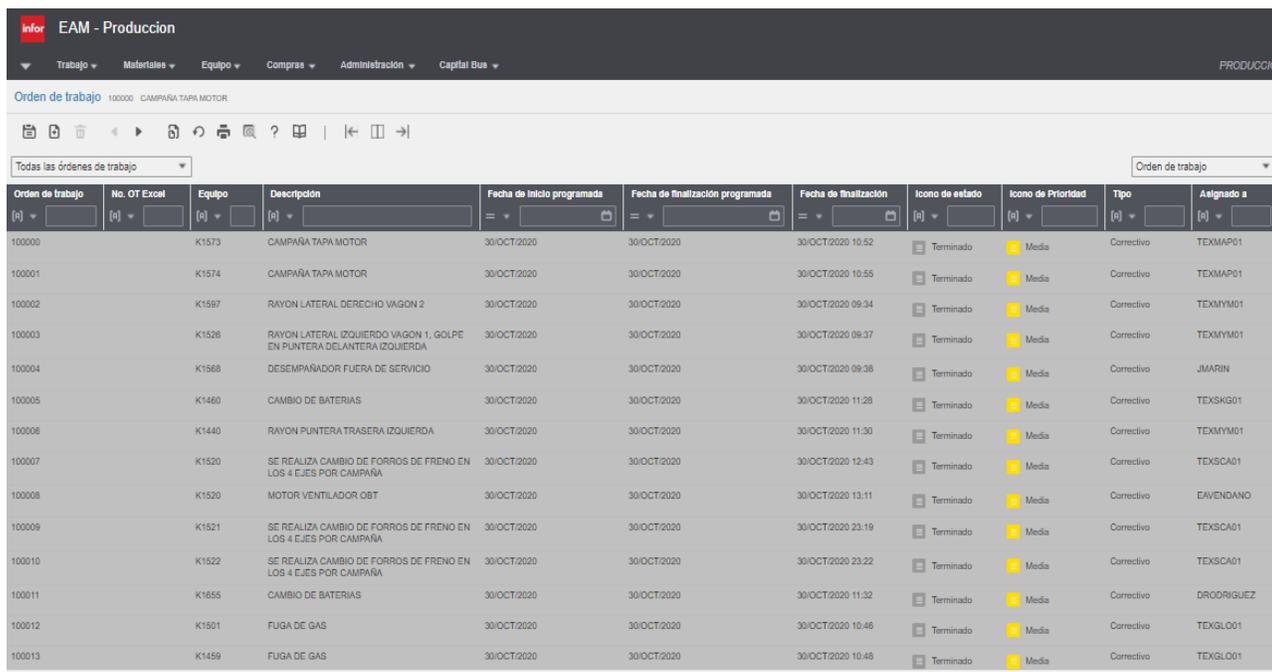
Fuente: Planeación de mantenimiento CapitalBus

### 6.1.5.8 Reportes de mantenimiento preventivo y correctivo.

Se contó con acceso a los reportes de la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos, a continuación, se muestra una consulta realizada desde el software de gestión de activos .

#### Ilustración 13

Consulta de órdenes de trabajo en INFOR



The screenshot displays the INFOR EAM - Producción interface. At the top, there are navigation menus for 'Trabajo', 'Materiales', 'Equipo', 'Compras', 'Administración', and 'Capital Bus'. The main header shows 'Orden de trabajo' with filters for '100000' and 'CAMPANA TAPA MOTOR'. Below the header is a toolbar with various icons and a search bar. The main content is a table with the following columns: Orden de trabajo, No. OT Excel, Equipo, Descripción, Fecha de inicio programada, Fecha de finalización programada, Fecha de finalización, Icono de estado, Icono de Prioridad, Tipo, and Asignado a. The table lists 13 work orders, all with a status of 'Terminado' and a priority of 'Media'. The descriptions include tasks like 'CAMPANA TAPA MOTOR', 'RAYON LATERAL DERECHO VAGON 2', 'DESEMPAÑADOR FUERA DE SERVICIO', 'CAMBIO DE BATERIAS', and 'FUGA DE GAS'.

Orden de trabajo	No. OT Excel	Equipo	Descripción	Fecha de inicio programada	Fecha de finalización programada	Fecha de finalización	Icono de estado	Icono de Prioridad	Tipo	Asignado a
100000		K1573	CAMPANA TAPA MOTOR	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 10:52	Terminado	Media	Correctivo	TEXMAP01
100001		K1574	CAMPANA TAPA MOTOR	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 10:55	Terminado	Media	Correctivo	TEXMAP01
100002		K1597	RAYON LATERAL DERECHO VAGON 2	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 09:34	Terminado	Media	Correctivo	TEXMYM01
100003		K1526	RAYON LATERAL IZQUIERDO VAGON 1, GOLPE EN PUNTERA DELANTERA IZQUIERDA	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 09:37	Terminado	Media	Correctivo	TEXMYM01
100004		K1568	DESEMPAÑADOR FUERA DE SERVICIO	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 09:38	Terminado	Media	Correctivo	JMARIN
100005		K1480	CAMBIO DE BATERIAS	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 11:28	Terminado	Media	Correctivo	TEXSGK01
100006		K1440	RAYON PUNTERA TRASERA IZQUIERDA	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 11:30	Terminado	Media	Correctivo	TEXMYM01
100007		K1520	SE REALIZA CAMBIO DE FORROS DE FRENO EN LOS 4 EJES POR CAMPANA	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 12:43	Terminado	Media	Correctivo	TEXSCA01
100008		K1520	MOTOR VENTILADOR OBT	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 13:11	Terminado	Media	Correctivo	EAVENDANO
100009		K1521	SE REALIZA CAMBIO DE FORROS DE FRENO EN LOS 4 EJES POR CAMPANA	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 23:19	Terminado	Media	Correctivo	TEXSCA01
100010		K1522	SE REALIZA CAMBIO DE FORROS DE FRENO EN LOS 4 EJES POR CAMPANA	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 23:22	Terminado	Media	Correctivo	TEXSCA01
100011		K1855	CAMBIO DE BATERIAS	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 11:32	Terminado	Media	Correctivo	DRODRIGUEZ
100012		K1501	FUGA DE GAS	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 10:46	Terminado	Media	Correctivo	TEXGLO01
100013		K1459	FUGA DE GAS	30/OCT/2020	30/OCT/2020	30/OCT/2020 10:48	Terminado	Media	Correctivo	TEXGLO01

Fuente: INFOR EAM

### 6.1.5.9 Histórico de fallas.

Desde el software de mantenimiento se pueden consultar las fallas presentadas en vía, estas fallas son tenidas en cuenta para realizar la medición del indicador del DPV exigido por el ente gestor, este hace referencia al indicador del MTTF, que a su vez son usados para establecer el indicador de confiabilidad; con el fin de poder identificarlos según la codificación estipulada por el ente gestor, esta se identifica en el software como TQ04 (varado en vía).

**Ilustración 14**  
*Consultas varadas en vía (INFOR)*

Orden de trabajo	Equipo	Descripción	Fecha de Inicio programada
100046	K1582	TQ04 - CAMBIO DE VALVULA	30/OCT/2020
101326	K1508	TQ04 - CAMBIO HORQUILLA BOOSTER PS3 H2	06/NOV/2020
101327	K1407	TQ04 - VARADO POR ENCENDIDO	06/NOV/2020
101398	K1428	TQ04 - CAMBIO BOMBONA	07/NOV/2020
111859	K1433	TQ04 - FUGA DE AIRE SILLA OPERADOR	13/NOV/2020
112001	K1635	TQ04 REVISION BOTON PUSH	14/NOV/2020
112151	K1403	TQ04 - LIMPIABRISAS	16/NOV/2020
126464	K1416	TQ04-SE APAGA Y NO PRENDE VALVULA V175 PRESENTA FALLA	16/NOV/2020
126544	K1554	TESTIGO MOTOR	17/NOV/2020
126636	K1638	TQ04 - SE APAGA Y NO PRENDE	18/NOV/2020
127015	K1426	FUGA DE AIRE PUERTA DE EMERGENCIA 1	20/NOV/2020
127201	K1413	TQ04 - MICRO SUELTO PS3	22/NOV/2020
127241	K1428	TESTIGO DE MOTOR - TQ04	23/NOV/2020
127268	K1648	TQ04- PUERTAS DE SERVICIO	23/NOV/2020

Fuente: Planeación de mantenimiento CapitalBus

## 6.2 Análisis de la información.

El área de mantenimiento cuenta con una estructura definida y sub procesos donde se tienen claros cuales son los procesos de apoyo y sub procesos de mantenimiento, de estos se obtiene información la cual se está registrando en el software de gestión de mantenimiento, información que es tomada en cuenta para realizar la definición de los indicadores necesarios para el proceso.

### 6.2.1 Ordenes de trabajo

Todas las actividades de mantenimiento son registradas en el sistema y son identificadas en el proceso para poder ser analizadas, por medio de estas también se controla la ejecución del plan de mantenimiento por tanto se encuentra el registro de estas.

En cada orden de trabajo se debe registrar el trabajo realizado, la fecha de ejecución, el kilometraje de ejecución, estructura taxonómica del activo y la codificación de cierre, esta última al consolidarlas y realizar medición, permite realizar análisis de AMEF y causa raíz con el fin de establecer estrategias para minimizar los riesgos en el proceso.

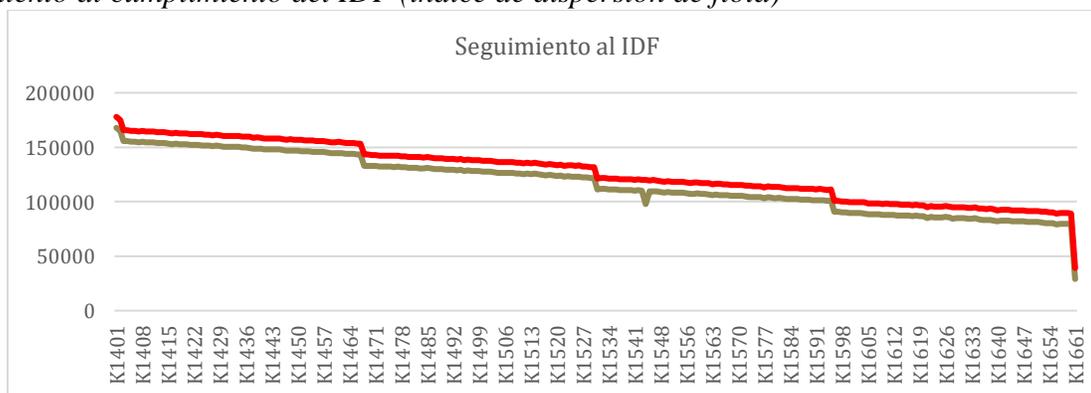
### 6.2.2 Mantenimiento programado

Con el fin de controlar el mantenimiento, se cuenta con una estructura de programación de mantenimiento que permite controlar el ingreso de móviles, la cantidad de actividades, los tiempos de permanencia en taller e instalaciones y herramientas a utilizar.

El control de la variable de control la cual para este caso está dado en kilómetros, cuenta con una estrategia de dispersión de la flota o desgaste de la misma la cual permite el ingreso gradual de los vehículos para la ejecución de los mantenimientos preventivos, al igual que el control de consumos para la ejecución presupuestal.

#### Ilustración 15

*Seguimiento al cumplimiento del IDF (índice de dispersión de flota)*



Fuente Propia

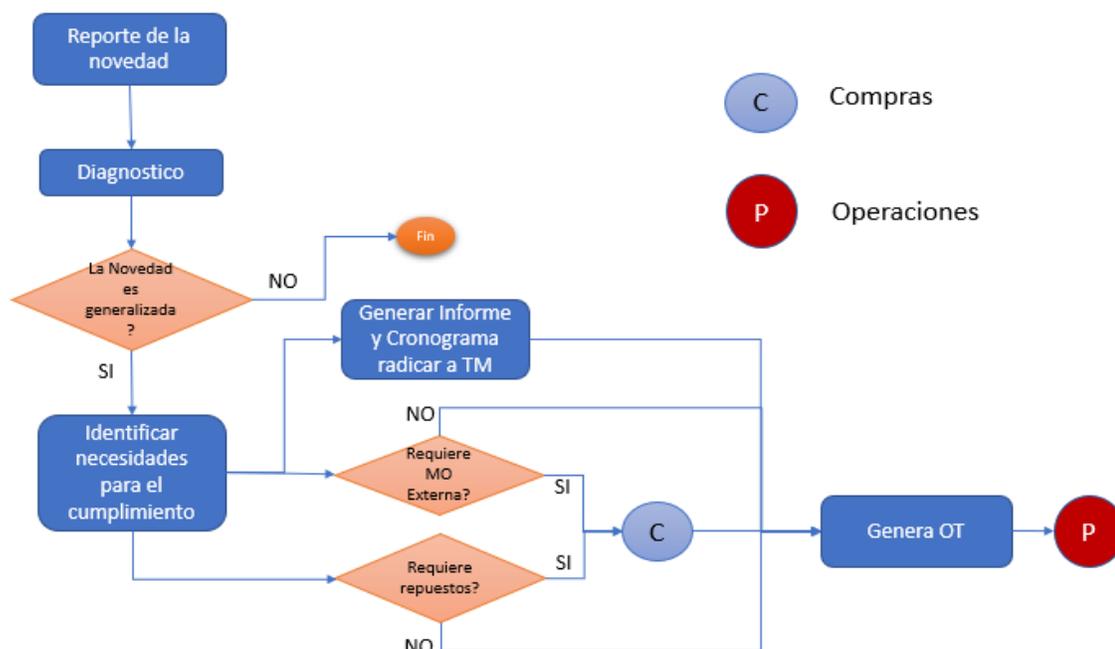
El encargado de la consolidación de la programación de mantenimiento debe controlar el vencimiento de las actividades, al igual que debe velar por el cumplimiento de los límites establecidos de desgaste de la flota, al igual que el cumplimiento al plan de mantenimiento y programación de hallazgos reportados por personal de Transmilenio o por la interventoría del sistema, el cierre de las actividades de mantenimiento está a cargo del auxiliar de planeación y control de mantenimiento.

### 6.2.3 Campañas de mantenimiento.

Cuando se evidencia una falla que es reiterativa en varios móviles y se determina que esta se puede ver reflejada en el resto de la flota, se toma la decisión de implementar una campaña de mantenimiento, esta a su vez es controlada desde la programación y se verifica el cumplimiento de esta.

#### Ilustración 16

*Flujo de campañas de mantenimiento*



Fuente propia

### 6.3 Propuesta de solución.

Durante la investigación realizada se evidencian las fallas de los biarticulados presentadas en vía, se observa que no cuentan con una medición clara, de haber sido analizadas se hubiesen propuesto estrategias que mitigaran o eliminaran la falla o los efectos causados.

Se identifica que las mediciones actualmente realizadas no están alineadas correctamente a los objetivos estratégicos y a su vez con la medición de la evaluación mensual integral de la calidad, la principal ventaja de aplicar KPI's en los procesos de una organización es que permite controlar de mejor forma los procesos.

El no contar con un modelo de medición y seguimiento en el proceso gran parte de la información recolectada se pierde; por tal motivo la recolección de datos y el análisis de indicadores, se convierten en información cuantificable de los cuales se puede extraer valor para la organización.

Gracias al análisis de información por medio de KPI's se puede realizar una comparación objetiva lo que traduce en mayor facilidad a la hora de identificar una buena gestión corporativa, por consecuencia permite centrarse en los sistemas, componentes o partes que necesitan mejorar la estrategia para ser mejorados o rediseñados.

Otra de las ventajas derivadas de la implementación de un modelo de KPI's es la satisfacción del cliente externo, en este caso Transmilenio SA. y lo usuarios del sistema integrado de transporte público, adicional el cliente interno que es operaciones también hace parte importante, al optimizar el proceso, la satisfacción de estos se ve incrementada.

**Tabla 5**  
*propuesta de indicadores*

Objetivo	Descripción	Nombre del Indicador	Frecuencia	Formula	Descripción	Meta
Gestion de mantenimiento	El indicador de Gestión de Mantenimiento evalúa la eficacia del Mantenimiento realizado a los vehículos por parte del Concesionario de Operación respectivo. Este indicador de Gestión de Mantenimiento se puede evidenciar en el estado de los vehículos y en el desempeño en operación de los mismos mediante el seguimiento a las fallas mecánicas de los vehículos en movimiento. Para estos efectos, se determinará el desempeño de cada concesionario, en cada mes $M (d \in M)$ , cuantificando la distancia promedio entre varadas, sin importar que los vehículos se encuentren en cumplimiento de un servicio o no, de acuerdo con la siguiente formulación:	DPV (Distancia Promedio entre Varadas)	Mensual	$DPV = \sum \frac{KoM}{F_M}$	Donde; DPV : Distancia Promedio entre Varadas Ko : Kilómetros en Servicio F : Cantidad de fallas mecanicas M : mes de evaluación	>41000 Km
Gestion de mantenimiento	Este indicador permite por medio de un calculo porcentual evaluar el aprovechamiento integral de los equipos, con este se busca controlar y conocer el estado de los procesos. Con este se puede evaluar el cumplimiento de los objetivos del proceso y plantear mejoras	Efectividad total de los equipos OEE	Mensual	$OEE = Disp \times Conf \times Cal$	Donde; Disp : Disponibilidad Conf : Condiabilidad Cal : Calidad	<65% Inaceptable 65%<OEE<75% Regular 75%<OEE<85% Aceptable 85%<OEE<95% Buena OEE>Excelente
Gestion de mantenimiento Gestion operacional	Medición realizada con el fin de evaluar la disponibilidad de los móviles para la operación, por tanto es necesario identificar el tiempo o móviles que se encuentran disponibles para la prestación del servicio	Disponibilidad	Mensual	$Dips = \frac{MDPO}{MDPO + MDPR}$	Donde: MDPO : Distancia promedio de operacion MDPR : Distancia promedio de reparación  $MDPR = MTTR \times Vel. Prom Sistema$	>=95%
Gestion de mantenimiento Gestion operacional	Es la metrica realizada con el fin de identificar la consistencia del mantenimiento realizado y de igual forma se mide la capacidad del activo para realizar la funcion dada	Confiabilidad	Mensual	$Conf = \frac{DPV}{DPV + MDPR}$	Donde: DPV : Distancia promedio entre varadas (fallas) MDPR : Distancia promedio de reparación	>=95%
Gestion de mantenimiento	Permite evaluar la calidad de las actividades realiaadas mediante el cumplimiento de los kilometrajes productivos realizados	Calidad	Mensual	$Cal = \frac{Km Odometro}{Km Comercial + Km HLP Prog}$	Donde: Km Odometro : Kilometraje real del movil Km Comercial : Kilometraje en operación Km HLP Prog : Kilometraje en viacio programado el cual es facturado	>=95%
Gestion de mantenimiento	Por medio de la metrica realizada, permite evaluar la capacidad del equipo bajo las condiciones normales de operación, cumplir con las funciones normales de trabajo bajo las condiciones actuales, usando procedimientos y recursos establecidos	Mantenibilidad	Mensual	$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)}$	Donde: M: Mantenibilidad U: Rata de reparación (1/MDPR)	>=95%

Objetivo	Descripción	Nombre del Indicador	Frecuencia	Formula	Descripción	Meta
Gestion de mantenimiento Financieros	Por medio de esta medicion se controlan los recursos asignados para las labores de mantenimiento tanto preventivas como correctivas, este tambien permite buscar eficiencias presupuetales apuntando a ser costo eficientes,	Ejecucion presupuestal	Mensual Anual	$CP = \frac{CMS}{PMS}$	Donde: CP: Cumplimiento al presupuesto CMS: Consumos mes x sistema PMS: Presupuesto mes por sistema	>=90%
Gestion de mantenimiento Financieros	Por medio de esta medicion se controlan los consumos por cada uno de los actaivos (moviles) identificando equipos con desviaciones a los cuales se les debe dedicar mayor concentracion con el fin de identificar las desviaciones y tomar acciones correctivas, este tambien permite buscar eficiencias presupuetales apuntando a ser costo eficientes, apuntando al cumplimiento del objetivo estrategico de mantenimiento	Costo por kilometro	Mensual	$CPK = \frac{CMV}{Kmf - Kmi}$	Donde: CPK: Costo por kilometro CMV: Costo mensual por vehiculo Kmf: Kilometraje odometro al finalizar el periodo Kmi: Kilometraje odometro al iniciar el periodo	Dependiendo del ciclo de vida del activo para el año en curso 2021 COP \$850 \$/km
Gestion de mantenimiento Financieros	La medicion de la eficiencia energetica permite evaluar las condiciones operacionales de cada activo y de esta manera poder optimizarlas, en caso de presentar desviaciones deben ser corregidas para evitar consumos excesivos de combustible lo cual traduce mayor cantidad de dinero invertido.	Eficiencia Energetica	Mensual	$EE = \frac{Kmf - Kmi}{\sum Com}$	Donde: EE: Eficiencia Energética Kmf: Kilometraje odometro al finalizar el periodo Kmi: Kilometraje odometro al iniciar el periodo Com: Suministro de combustible durante el periodo	GNV >= 1.47 km/m3
Gestion de mantenimiento Gestion operacional Financiero	La metrica de este indicador permite controlar las actividades preventivas programadas en los vehiculos con el fin de brindar una mayo confiabilidad del equipo y a su vez tener un ciclo de vida del activo mas controlado evitando gastos innecesarios	Cumplimiento al plan de mantenimiento	Mensual	$CMP = \frac{\sum_{Km\ eje\ f(n)+w} ActMP}{\sum ActMP}$	Donde: CMP: Cumplimiento al plan de mantenimiento ActMP: Actividades del plan de mantenimiento f: Frecuencia w: Ventana de ejecución Km eje: Kilometraje de ejecución	>= 95%
Gestion de mantenimiento	Esta medicion permite evaluar la eficacia de la programacion de mantenimiento, identificando las variables que afectan el cumplimiento de esta, por medio de este tambien se buscar ser mas efectivos al momento de programar los moviles evitando kilometraje perdido por desplazamiento	Programado Vs Ejecutado	Diario Mensual	$CPRG = \frac{\sum Act\ Eje}{\sum Act\ PROG}$	Donde: CPRG: Cumplimiento a la programación Act Eje: Actividades de mantenimiento ejecutadas Act. PROG: Actividades de mantenimiento programadas	>= 90%
Gestion de mantenimiento	Por medio de esta metrica se busca controlar el balance entre el mantenimiento correctivo y preventivo realizado en la flota	Preventivo Vs Correctivo	Mensual	$RMT = \frac{\sum Act. Eje\ x\ Tipo\ MT}{\sum Act. Eje}$	Donde: RMT: Relación de Manetenimiento Act. Eje: Actividades de mantenimiento ejecutadas	>= 65% Preventivo

### **6.3.1 Beneficios de la implementación de un modelo de KPI's.**

- Trabaja con datos cuantificables y medibles
- Comparación de datos de forma objetiva
- Permite realizar seguimiento con datos reales en tiempo real
- Rediseña procesos haciéndolos más eficientes
- Mejora la satisfacción del cliente
- Identifica oportunidades de mejora
- Mejora los resultados de todos los niveles

### **6.3.2 Política de Mantenimiento**

En CapitalBus transportamos los sueños de nuestros usuarios y de nuestros colaboradores en la ciudad de Bogotá. Velamos por la seguridad y la confiabilidad y disponibilidad de nuestra flota asegurando el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento programadas siendo costos efectivos, enfocados en la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y bajo los lineamientos de la norma ISO 55001.

Para cumplir con nuestra política:

- Conocemos y damos cumplimiento al contrato con Transmilenio, promovemos el orden, la disciplina y el aseo en cada uno de los lugares y en las actividades que realizamos generando ambientes de trabajo seguros.
- Aplicamos los más altos estándares de calidad replicando prácticas de categoría mundial, entendemos el impacto de las actividades en nuestro entorno y nos caracterizamos por ser responsables con el medio ambiente.
- Estamos en constante capacitación y actualización de las nuevas tecnologías para el desarrollo de nuestros equipos de trabajo.

- Trabajamos de la mano con los representantes del fabricante de nuestra flota y seguimos sus recomendaciones técnicas, Utilizamos repuestos genuinos y certificados con herramientas seguras y equipos calibrados.
- Prohibimos prácticas inseguras como la "canibalización" de buses.
- Buscamos el mayor aprovechamiento de nuestros activos a través de la planeación y programación de mantenimiento.
- Garantizamos que nuestro talento humano se desarrolle y crezca personal, familiar y profesionalmente en un ambiente de cordialidad y respeto.
- Promovemos el trabajo en equipo y el compromiso no solo en el área de mantenimiento sino con los diferentes procesos de la organización

#### **6.3.2.1 Objetivo de Mantenimiento.**

Asegurar la disponibilidad y confiabilidad de la flota, infraestructura y equipos de soporte de CapitalBus SAS, basados en la estrategia de mantenimiento que propende por la optimización de los recursos y la sostenibilidad del negocio, apoyados en un equipo humano de Alto Desempeño enfocado en el mejoramiento continuo.

#### **6.3.2.2 Alcance.**

Aplica para: la flota, equipos metrológicos, herramientas, equipos de comunicación asignados al área de mantenimiento de CapitalBus SAS.

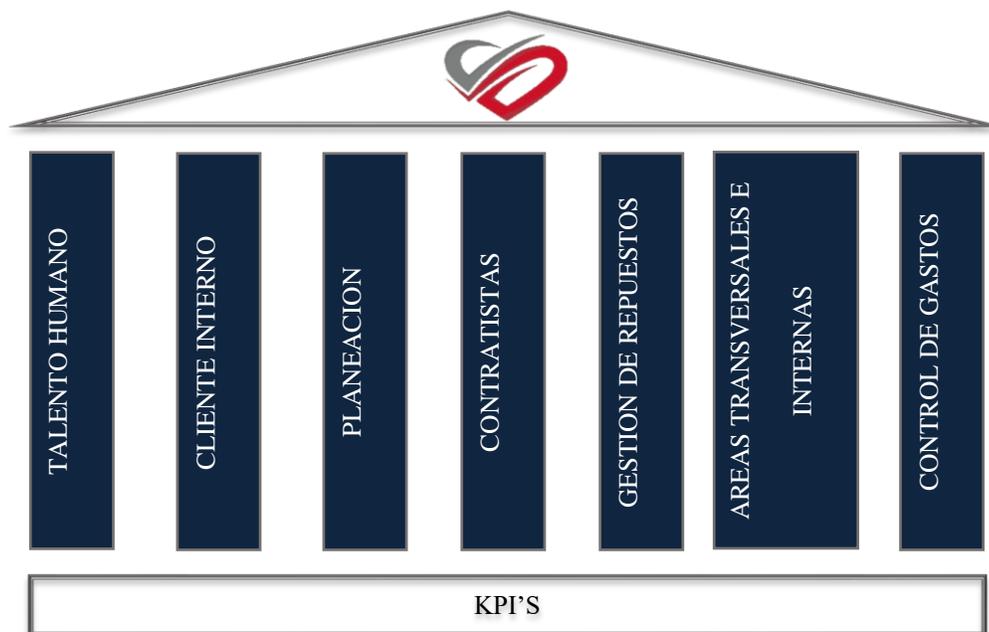
### **6.3.3 Indicadores de mantenimiento**

Los indicadores de gestión, también llamados KPI's permiten realizar la medición del desempeño del proceso de mantenimiento, comparado con la meta u objetivo trazado para cada uno de estos, entre tanto los indicadores deben estar creados bajo metodología de BSC, la cual permite la implementación de un plan estratégico y permite transformar está en objetivos por

medio de la estructura SMART, que con el apoyo de sistemas tecnológicos y comunicación ofrece información sencilla, resumida y eficaz para que permite tomar decisiones.

### **Ilustración 17**

*Pilares del desarrollo la planeación estratégica*



Fuente: Propuesta de mejora de la Gestión de Mantenimiento de los activos de una Compañía

Certificadoras de Productos y Servicios.

Dicho todo lo anterior y con la intención de garantizar el buen desarrollo de las actividades que permitan la implementación de un modelo de BSC para el proceso de mantenimiento, con el fin de realizar seguimiento, medición, análisis y evaluación de la gestión de mantenimiento se sugiere:

- Garantizar que desde la gerencia se conozca la estructura de elaboración de objetivos mediante metodología SMART (Específicos, Medibles, Acción, Realista y con una periodicidad o tiempo).

- De igual manera la implementación de indicadores que permitan el logro de los objetivos mediante SMAE (Seguimiento, Medición, Análisis y Evaluación)
- Implementar un tablero de control de indicadores (BSC-Balance Score Card), que permita la visualización en tiempo real del cumplimiento de los objetivos
- Garantizar la información clara y a tiempo de toda la información de los procesos de apoyo, como es el caso del proceso financiero.
- Prestar apoyo al proceso y realimentar al personal sobre el cumplimiento de las metas propuestas.
- Desarrollar planes de acción con base al análisis de los resultados, enfocados a la mejora continua del proceso.
- Fomentar el mantenimiento autónomo en todo el personal con el fin de minimizar las novedades básicas que pueden ser atendidas por el personal operativo
- Fomentar la colaboración entre las diferentes áreas o procesos de la compañía que permitan establecer acuerdos de servicio, aumentando así las probabilidades de éxito, eliminando los cuellos de botella.

## **7 Impactos esperados.**

En el desarrollo de la propuesta de implementación de un modelo de KPI's para la gestión de mantenimiento, se toma la información recolectada y se reevalúan las mediciones realizadas anteriormente con el fin de potencializarlos y plantear nuevos indicadores que busque el cumplimiento de los objetivos estratégicos; por tanto, se espera que al implementar la propuesta se obtengan los siguientes resultados.

- Mejor definición de los códigos de cierre de las órdenes de trabajo que permitan realizar un AMEF, como elemento de juicio en el proceso de establecimiento de herramientas para la toma de decisiones,
- Seguimiento y control de las variables que afectan el cumplimiento de los objetivos estratégicos.
- Análisis de indicadores que permitan evaluar la efectividad de las tareas asignadas mediante el plan de mantenimiento.
- Contar con la suficiente información que permita realizar RCA's a equipos críticos estableciendo análisis de riesgos y medidas de contingencia que mitiguen estos impactos
- Disminución de novedades en vía que afectan el indicador de desempeño de mantenimiento (DPV) el cual hace parte de la Evaluación mensual integral de calidad (EMIC)
- La reducción de novedades en vía también reduce las multas económicas puestas a la empresa por afectación en la prestación del servicio.
- Aumento de la confianza por parte del ente gestor ante la confiabilidad y disponibilidad de la flota.
- Mejora en la imagen de Transmilenio SA. como activo intangible por la buena prestación y calidad en del servicio.
- Mayor control de consumos asegurando el cumplimiento de los indicadores financieros de la organización optimizando los recursos.
- Reevaluación económica de los costos de mantenimiento e impacto a la operación.

## 8 Análisis Financiero

La implementación de los indicadores de gestión del proceso de mantenimiento, junto con las estrategias de evaluación y análisis de la información que fueron desplegadas y expuestas en el capítulo 6.2, tienen como fin la reducción de costos asociados al control y gestión de las diferentes actividades de mantenimiento.

Para tal fin es necesario identificar y cuantificar las posibles reducciones que inicialmente se podrían tener en el proceso de mantenimiento, a continuación, se relaciona la proyección de costos:

**Tabla 4**  
*Proyección de costos*

<i>Descripción</i>	<i>Actual</i>	<i>Ingresos por Reducción proyectada</i>
<i>Multas en Km</i>	\$12.390.875	\$2.478.175
<i>Operador</i>	\$1.932.977	\$386.595
<i>Combustible</i>	\$3.186.225	\$637.245
<i>Mantenimiento</i>	\$24.073.700	\$4.814.740
<i>MO Interna</i>	\$3.242.628	\$648.526
<i>Grúa</i>	\$2.548.980	\$509.796
<i>Servicios terceros</i>	\$28.401.250	\$5.680.250
<i>Lucro cesante</i>	\$39.375.000	\$7.875.000
<i>Disponibilidad</i>	\$19.687.500	\$3.937.500
<i>Repuestos</i>	\$53.215.325	\$10.643.065
<i>Totales</i>	\$134.839.134	\$37.610.892

Como inversión para la puesta en marcha y el cumplimiento de la propuesta dada en esta investigación, se debe contemplar la siguiente inversión:

**Tabla 5**  
*Costos de inversión*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INVERSIÓN</b>
<b>DESARROLLO DE DASH BOARD</b>	\$ 1.976.000
<b>CAPACITACIÓN</b>	\$ 540.000
<b>INGENIERÍA</b>	\$ 2.340.000
<b>MO TEMPORAL</b>	\$ 1.500.000

<b>ACTUALIZACIÓN VERSIÓN INFOR</b>	\$ 14.300.000
<b>IMPLEMENTACIÓN INFOR</b>	\$ 38.544.000
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>	\$ 59.200.000

Fuente propia

Se debe contemplar la capacitación en el manejo de las herramientas implementadas en la gestión de los indicadores como modelo de BSC, bien sea desde una herramienta que gestione y controle las bases de datos desde donde se calcularán los indicadores como desde la implementación que puede realizarse a partir del software de gestión de activos.

La implementación de este cuadro de control tiene dos opciones, una interna y la otra externa; la interna está dada por el personal de tecnología de la compañía quienes realizarían la implementación, para este se estipulan los costos asociados al tiempo de ingeniería ya que debe asegurarse el recurso para dicha implementación; por el contrario al realizarse externamente se debe contar con la aprobación desde gerencia y los recursos económicos destinados al tiempo de ingeniería, modelamiento e implementación por parte de la consultoría de CTN Global, quienes realizarían el desarrollo en el software de gestión de activos.

Con un buen análisis de los indicadores planteados y la ejecución de planes de acción encaminados a la disminución de eventos presentados, pretendiendo siempre contar con una flota segura y confiable se estima poder lograr una reducción del 20% de los gastos generados por fallas en vía o fallas reiterativas que afecten la disponibilidad de la flota.

Dicho lo anterior para la evaluación de costos con una implementación interna se tuvieron en cuenta los costos asociados a tiempos de desarrollo e implementación, más asesorías que puedan presentarse en el desarrollo de la herramienta.

Para dicha implementación se tuvieron en cuenta el tiempo estimado de implementación y necesidades a nivel tecnológico y de documentación con el fin de estandarizar el proceso.

Para tal fin se establece como cálculo el retorno operacional a la inversión (ROI), el cual se calcula de la siguiente manera:

$$ROI = \frac{\text{Beneficio Obtenido} - \text{Costo de implementación}}{\text{Costo de implementación}}$$

Cálculo del ROI anualizado

Inversión	\$59.200.000.00
Ingresos netos producidos por la Inversión	\$37.610.891.85
Tiempo del proyecto en años	2

Resultado

ROI en %	-36.47%
ROI anualizado %	-20.29%

De tal forma se obtiene que el retorno de inversión (ROI) cuando el ingreso es \$37.610.891,85 y la inversión es de \$59.200.000,00 es igual a -36,5%, El ROI anualizado por una inversión de 2 años es de -20,3% , adicional al beneficio de la mejora continua, la mejora de imagen en el sistema y la mejora de imagen de la comunidad ante Transmilenio el cual es un activo intangible, podrían aumentar los beneficios, adicional a que este proyecto e implementación de indicadores puede ser extrapolado a los otros procesos de la organización, generando así un mayor valor a la organización y al sistema de transporte de la ciudad de Bogotá.

## **9 Conclusiones y recomendaciones**

### **9.1 Conclusiones**

- Se realizó la identificación de los indicadores necesarios para medir la gestión de mantenimiento de la compañía, alineados al plan estratégico corporativo y basados en normas internacionales como la ISO 14224:2016 (Industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural. Recogida e intercambio de datos de mantenimiento y fiabilidad de los equipos, , la ISO 55000 (proporciona a una organización un marco para establecer políticas de gestión de activos, objetivos y procesos, y permite que la organización alcance sus metas estratégicas).
- Mediante el análisis de indicadores de gestión se logra optimizar los procesos internos del área de mantenimiento, controlando y midiendo aspectos técnicos, económicos y seguridad, fortaleciendo la relación con los clientes internos y externos, además de la optimización de los sistemas de información.
- La generación de KPI's dentro del Balance Score Card permite una mejora continua del ciclo PHVA relacionado a la planeación estratégica de la empresa CapitalBus, permitiendo que bajo los datos obtenidos se perfeccione el proceso productivo.
- 

### **9.2 Recomendaciones**

- Dentro del proyecto, como resultado final queda el tablero de indicadores de mantenimiento, es importante que el software desarrollado para el cálculo de estos sea de fácil manejo y accesibilidad para el grupo involucrado en la medición.

- Se deben implementar nuevas metodologías de análisis de datos e involucrarlas para darle una mayor fuerza a la eliminación de las causas raíz de los problemas, puede ser Ishikawa, 6M 8 desperdicios, Big Data, Simulación de Monte Carlo, entre otros.
- Trabajar de la mano con la gerencia de mantenimiento, para fortalecer los diferentes planes que ayuden a sobresalir los tableros de control enfocados en la recolección de datos para un análisis fácil de los resultados.
- Como parte importante en la medición KPI's de mantenimiento consolidados en este proyecto, es lograr la identificación de las causas que generaron el buen o mal desempeño (malos actores),
- Enunciar la descripción de actividades que se están implementando en la compañía para mejorar y/o mantener el desempeño de los Indicadores desarrollados.
- Capacitar al personal en el manejo de la información y de la metodología de medición, con el fin de evitar el registro de información que no aporte valor al proceso.
- Implementar una metodología de análisis y seguimiento del resultado de los indicadores.  
(Mejora continua)

## 10 Bibliografía

- APPVIZER. (12 de mayo de 2021). <https://www.appvizer.es/>. Obtenido de <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/kpi-mantenimiento>
- Bernabé Estay Urbina, I. E. (2017). <https://repositorio.usm.cl/>. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/39959/3560901063216UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón Camacho, P. A., & López Álvarez, M. D. (2016). <https://repository.udistrital.edu.co/>. Obtenido de [https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4790/Calder% c3% b3nCamach oPaublaAndrea2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4790/Calder%c3%b3nCamachoPaublaAndrea2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Camacho Salazar, P. (Enero de 2009). <https://repositoriotec.tec.ac.cr/>. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6196/Dise% C3% B1o\\_Plan\\_Modelo \\_Mantenimiento\\_Edificios\\_ICE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6196/Dise%C3%B1o_Plan_Modelo_Mantenimiento_Edificios_ICE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castillo Gallo, J., & Vicencio Segovia, R. (22 de Noviembre de 2021). <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/>. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620923/T% C3% A9sis% 20MDC%202014- I%20UPC%20Entrega%20final%20a%20Repositorio.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620923/T%C3%A9sis%20MDC%202014-I%20UPC%20Entrega%20final%20a%20Repositorio.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Díaz Camargo, J. S., & López López, E. A. (2015). <https://repositorio.ecci.edu.co/>. Obtenido de [https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/188/Trabajo% 20de% 20grado.pdf?seq uence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/188/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

González, O. (22 de 2 de 2021). *appvizer.es*. Obtenido de KPI de mantenimiento: conoce los indicadores y reduce tus costos de funcionamiento:

<https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/kpi-mantenimiento>

Guerrero Romero, L. D., & Mahecha Carvajal, J. G. (2021). <https://repositorio.ecci.edu.co/>.

Obtenido de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2090/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Orjuela Alfonso, J. M. (2016). <https://repositorio.ecci.edu.co/>. Obtenido de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/172/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Padilla Valdez, C. L. (2012). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/>. Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3268/1/UPS-CT002531.pdf>

Ramírez Ramírez, Y. A., & Herrera Ladino, M. (Abril de 2021). <https://repositorio.ecci.edu.co/>.

Obtenido de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/963/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ramos Franco, A. J., Espinel Ballesteros, A. D., & Rodríguez Aguilar, J. D. (24 de Agosto de 2020). <https://repositorio.ecci.edu.co/>. Obtenido de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/897/Propuesta%20de%20Optimizaci%C3%B3n%20del%20Plan%20de%20Mantenimiento%20para%20Disminuir%20los%20Varados%20en%20V%3Aada%20de%20la%20Flota%20de%20Buses%20de%20la%20Empresa%20ETIB%20SAS.pdf?sequence=2>

Renovetec. (2015). *renovetec*. Obtenido de tipo de mantenimiento:

<http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>

Rodríguez Cortés, R. (19 de Mayo de 2021). El desaparecido manual de mantenimiento de la

Línea 12 del Metro. *EL UNIVERSAL*. Obtenido de

<https://www.eluniversal.com.mx/opinion/raul-rodriguez-cortes/el-desaparecido-manual-de-mantenimiento-de-la-linea-12-del-metro>

Rodríguez Gómez, N. V., & Hincapié Duque, S. (2018). <https://repository.ucatolica.edu.co/>.

Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22661/1/PROYECTO%20FINAL%20BENCHMARKING%20BUSES%20BOGOT%C3%81-BOSTON%20.pdf>