



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS**

**TEMA:**

---

**APLICACIÓN DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA OPTIMIZAR  
EL MANTENIMIENTO DE UNIDADES ARTICULADAS DE  
TRANSPORTE MEDIANTE POWER BI, CASO PRACTICO: TROLEBÚS**

---

Trabajo previo a la obtención del título de Máster en Diseño Industrial y de Procesos

**Autor**

Ing. Zambrano Badillo Ney Marcelo

**Tutor**

PhD. Ayala Chauvin Manuel Ignacio

AMBATO–ECUADOR  
2023

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

Yo, Zambrano Badillo Ney Marcelo, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “APLICACIÓN DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNIDADES ARTICULADAS DE TRANSPORTE MEDIANTE POWER BI, CASO PRACTICO: TROLEBÚS”, como requisito para optar al grado de Máster en Diseño Industrial y de Procesos y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 20 días del mes de diciembre del 2023, firmo conforme:

Autor: Zambrano Badillo Ney Marcelo

Firma: .....

Número de Cédula: 0601819618

Dirección: Calle Juan de Alcántara S15-234 Diego Mejía.

Correo Electrónico: nmzambrano2@espe.edu.ec

Teléfono: 0997600870

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “APLICACIÓN DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNIDADES ARTICULADAS DE TRANSPORTE MEDIANTE POWER BI, CASO PRACTICO: TROLEBÚS” presentado por Zambrano Badillo Ney Marcelo, para optar por el Título de Máster en Diseño Industrial y de Procesos.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 20 de diciembre del 2023

.....  
PhD. Manuel Ignacio Ayala Chauvin

DIRECTOR

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

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

Ambato, 20 de diciembre del 2023

.....

Ing. Zambrano Badillo Ney Marcelo  
AUTOR  
0601819618

## APROBACIÓN DE TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: APLICACIÓN DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNIDADES ARTICULADAS DE TRANSPORTE MEDIANTE POWER BI, CASO PRACTICO: TROLEBÚS, previo a la obtención del Título de Máster en Diseño Industrial y de Procesos, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 20 de diciembre del 2023

.....  
Ing. Patricio Eduardo Sánchez Díaz Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....  
Ing. Franklin Adrián Castillo Ledesma Mg  
EXAMINADOR

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	III
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	IV
APROBACIÓN DE TRIBUNAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
RESUMEN EJECUTIVO.....	I
ABSTRACT.....	II
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación.....	6
Beneficiarios.....	7
Objetivos.....	7
General.....	7
Específicos.....	8
CAPÍTULO II.....	9
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	9
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	9
Localización.....	10
Estructura Organizacional.....	12
FODA de la empresa trolebús.....	12
Software que usa la Empresa.....	15
Unidades Articuladas del Trolebús.....	15
Especificación técnica de unidades articuladas de la empresa Trolebús.....	16
Trolebús.....	16

Biarticulado.....	19
Articulado MB 500.....	22
Articulado volvo B12M.....	24
Mantenimiento de unidades articuladas.....	27
Sugerencias para realizar el mantenimiento de unidades articuladas:.....	28
Descripción del Proceso de mantenimiento de las unidades articuladas .....	29
Indicadores de mantenimiento.....	30
Control de Calidad del Mantenimiento de unidades articuladas.....	39
Herramientas utilizadas en el control de calidad del mantenimiento de unidades articuladas .....	39
Control estadístico de procesos en el mantenimiento.....	40
Análisis del estado actual.....	41
Ingreso de unidades al taller .....	42
Medio tiempo entre fallas MTBF .....	44
Medio tiempo para reparar MTRR.....	45
Histograma .....	45
Diagrama Causa-Efecto.....	47
Graficas de control.....	49
Diagrama de dispersión.....	51
Diagrama de confiabilidad .....	52
Área de estudio.....	55
Modelo operativo para desarrollar un sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas.....	59
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>62</b>
<b>PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....</b>	<b>62</b>
Presentación de la propuesta .....	62
El ciclo de vida de Kimball.....	62
Inteligencia de Negocios .....	68
Cómo funciona la inteligencia de negocios .....	73
Herramientas de Inteligencia de Negocios.....	75
La inteligencia de negocios en el mantenimiento de unidades articuladas.....	79
Análisis de impactos.....	80

Impacto ambiental .....	80
Impacto económico .....	81
Impacto técnico.....	81
Impacto social.....	82
Presupuesto del proyecto.....	82
Cronograma de actividades del desarrollo del sistema informático .....	85
Análisis de costos.....	87
Curva S.....	87
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>89</b>
<b>DISEÑO, PRUEBA E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>89</b>
Obtención de los datos.....	89
Planteamiento ETL.....	90
Modelo de Datos.....	100
Diseño de los Dashboard.....	103
Dashboard de estadística de unidades.....	103
Dashboard de trabajos de unidades.....	106
Dashboard unidades en talleres.....	108
Dashboard Estadística de móviles .....	110
Dashboard Trabajos de móviles.....	112
Dashboard de los repuestos.....	114
Cronograma de actividades de la implantación del sistema informático.....	116
Costos de implantación del sistema.....	117
Curva S de implementación .....	118
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>120</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>120</b>
Conclusiones.....	120
Recomendaciones.....	121
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>126</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: foda de la empresa trolebús epq .....	14
Tabla 2. Unidades articuladas del trolebús .....	16
Tabla 3. Unidad articulada trolebús .....	17
Tabla 4. Unidad biarticulado .....	20
Tabla 5. Articulado mb 500.....	23
Tabla 6. Unidad biarticulada b12m .....	26
Tabla 8. Determinación del área de estudio .....	55
Tabla 9. Presupuesto inicial del proyecto del sistema de mantenimiento .....	82
Tabla 10. Cronograma de actividades del desarrollo del sistema informático.....	86
Tabla 11.: costos de la propuesta .....	87
Tabla 12. Unidades.....	92
Tabla 13. Unidades móviles .....	92
Tabla 14. Equipos.....	93
Tabla 15. Hoja 1 .....	94
Tabla 16. Móviles.....	95
Tabla 17. Repuestos .....	97
Tabla 18. Calendario .....	99
Tabla 19. Cronograma de actividades de la implementación.....	117
Tabla 20. Costos de implantación del sistema .....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la unidad administrativa del trolebús. ....	10
Figura 2. Paradas del trolebús .....	12
Figura 3. Estructura organizacional de la empresa trolebús.....	13
Figura 4. Trolebús .....	18
Figura 5. Biarticulado.....	20
Figura 6. Articulado mb 500 .....	22
Figura 7. Articulado volvo b12m .....	25
Figura 8. Proceso de mantenimiento de unidades articuladas del trolebús.....	31
Figura 9. Tiempo entre fallas .....	32
Figura 10. Tiempo para reparar .....	34
Figura 12. Distribución por tipos de mantenimiento.....	38
Figura 13. Ingreso de unidades mb – 500 al taller de rio coca del trolebús .....	43
Figura 14. Mtbf de unidades mb-500.....	44
Figura 15. Mtrr de unidades mb-500.....	45
Figura 16. Histograma unidades mb-500 .....	46
Figura 17. Resumen de ingresos unidades mb-500.....	47
Figura 18. Diagrama causa - efecto (ingresos unidades mb-500).....	49
Figura 19. Xbarra-r 2018 al 2022 .....	50
Figura 20. Xbarra-s 2018 al 2022.....	51
Figura 21. Unidades mb-500.....	52
Figura 22: confiabilidad mb-500.....	53
Figura 23. Modelo operativo de mantenimiento .....	58
Figura 24. Modelo operativo de un sistema informático. ....	61
Figura 25. Metodología kimball.....	62
Figura 26. Arquitectura de negocios .....	69
Figura 27. Arquitectura bi .....	74
Figura 28. Diagrama de gartner.....	79
Figura 29. Análisis costo en tiempo total.....	88
Figura 30. Unidades .....	92
Figura 31. Unidades móviles.....	93
Figura 32. Equipo .....	93
Figura 33. Hoja1 .....	95

Figura 34. Móviles .....	96
Figura 35. Repuestos .....	98
Figura 35. Calendario .....	100
Figura 36: diagrama entidad - relación del sistema de mantenimiento del trolebús .....	102
Figura 37. Dashboard de estadística de unidades de mantenimiento, unidades articuladas del trolebús .....	105
Figura 38. Dashboard de trabajos de unidades de mantenimiento, unidades articuladas del trolebús .....	107
Figura 39. Dashboard de unidades en talleres de mantenimiento, unidades articuladas del trolebús .....	109
Figura 40. Dashboard estadística de móviles de mantenimiento, unidades articuladas del trolebús .....	111
Figura 41. Dashboard trabajos de móviles de mantenimiento, unidades articuladas del trolebús .....	113
Figura 42. Dashboard de repuestos de mantenimiento, unidades articuladas del trolebús .....	115
Figura 43. Curva s de implementación .....	119

# UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

## FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS

### TEMA: APLICACIÓN DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNIDADES ARTICULADAS DE TRANSPORTE MEDIANTE POWER BI, CASO PRÁCTICO: TROLEBÚS.

**AUTOR:** Ing. Ney Marcelo Zambrano Badillo

**TUTOR:** Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin, PhD

#### RESUMEN EJECUTIVO

En el ámbito del transporte público de pasajeros en la zona urbana de Quito, se ha observado que las unidades articuladas de la compañía de transporte (TROLEBÚS EPQ) enfrentan problemas recurrentes de mantenimiento. Estos problemas incluyen fallas y desgastes en componentes y sistemas, generando costos elevados para reparación y reemplazo de piezas, así como una alta tasa de averías y tiempos de inactividad. Esta situación repercute negativamente en la seguridad, confiabilidad y eficiencia del servicio de transporte, generando insatisfacción entre los usuarios. Por ende, se hace necesario implementar un enfoque más efectivo para el mantenimiento de estas unidades, con el propósito de optimizar su funcionamiento y mejorar la calidad del servicio ofrecido. Es crucial abordar las fallas recurrentes, desgastes, altos costos y tiempos de inactividad. Para lograrlo, se propone la implementación de un programa de mantenimiento preventivo que identifique y corrija oportunamente las fallas y desgastes en los componentes y sistemas. El objetivo es reducir los costos asociados y disminuir la tasa de averías y tiempos de inactividad, mejorando así la seguridad, confiabilidad y eficiencia del transporte público de pasajeros y aumentando la satisfacción de los usuarios. Adicionalmente, se ha desarrollado un prototipo de mantenimiento de vehículos articulados utilizando Power BI, una herramienta de análisis y gestión de información empresarial. Se aplicó la metodología de Ralph Kimball para diseñar un modelo de datos dimensional, organizando la información de forma jerárquica y comprensible. Este enfoque permite explorar fácilmente los datos a través de diferentes dimensiones y niveles de detalle, generando información estratégica valiosa para respaldar la toma de decisiones en el mantenimiento de las unidades articuladas. Los resultados obtenidos indican que la confiabilidad de la flota en las unidades articuladas MB-500 de la empresa Trolebús es del 83,9%, mientras que la confiabilidad de las unidades V-10 es del 80,46%. La aplicación de esta herramienta de inteligencia empresarial permitirá a la compañía de transporte público de pasajeros de la ciudad de Quito tomar decisiones informadas y estratégicas en relación con el mantenimiento de los vehículos articulados, contribuyendo significativamente a mejorar la calidad del servicio y la satisfacción de los usuarios.

**DESCRIPTORES:** Inteligencia de negocios, análisis de datos, Power Bi, mantenimiento.

# UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

## FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS

### TEMA: APLICACIÓN DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO DE UNIDADES ARTICULADAS DE TRANSPORTE MEDIANTE POWER BI, CASO PRÁCTICO: TROLEBÚS.

**AUTOR:** Ing. Ney Marcelo Zambrano Badillo

**TUTOR:** Ing. Manuel Ignacio Ayala Chauvin, PhD

#### ABSTRACT

It has been observed that the articulated units of the transportation company "TROLEBÚS EPQ" face recurrent maintenance issues in the urban area of Quito. These problems include failures and wear in components and systems, which causes high costs for repair, parts replacement, and a high rate of breakdowns and downtime. This situation has a negative impact on the safety, reliability, and efficiency of the transportation service, causing dissatisfaction among users. Therefore, it is necessary to implement a more effective approach to the maintenance of these units, with the purpose of optimizing their operation and improving the quality of the service offered. It is crucial to focus on recurrent failures, wear and tear, high costs, and downtime. To achieve this, the implementation of a preventive maintenance program is proposed to identify and promptly correct faults and wear in components and systems. This research aims to reduce associated costs and decrease the rate of breakdowns and downtime to improve the safety, reliability, and efficiency of public passenger transportation and to increase user satisfaction. Additionally, a prototype of articulated vehicle maintenance using Power BI, a business information analysis and management tool, has been developed. The Ralph Kimball methodology was applied to design a dimensional data model, organizing information hierarchically and comprehensively. This approach allows easy exploration of data through different dimensions and levels of detail, which gives valuable strategic information to support decision-making in the maintenance of articulated units. The results obtained showed that the reliability of the fleet in the MB-500 articulated units of the Trolebús company is 83.9%, while the reliability of the V-10 units is 80.46%. The application of this business intelligence tool will enable the public passenger transportation company in the city of Quito to make informed and strategic decisions regarding the maintenance of articulated vehicles, contributing significantly to improving the quality of service and user satisfaction.

**KEYWORDS:** Business intelligence, data analysis, maintenance, power bi.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Introducción**

Según Bull et al. (2003), en un mundo en constante evolución, el aumento de la población en las áreas urbanas ha generado una serie de desafíos relacionados con la movilidad y el transporte. Con cada día que pasa, las ciudades se vuelven más densamente pobladas, lo que lleva a una creciente demanda de sistemas de transporte eficientes y sostenibles que puedan mover a las personas de manera rápida y segura a través de las intrincadas redes urbanas. En este contexto, la adquisición de unidades articuladas se ha convertido en una necesidad imperante para las autoridades y planificadores urbanos. Las unidades articuladas, también conocidas como autobuses articulados, presentan una solución prometedora para abordar este problema. Estas unidades, compuestas por dos o más segmentos unidos en forma de "articulación" permiten transportar a una mayor cantidad de personas en un solo vehículo.

Gómez Cabrera (2014) manifiesta que las unidades articuladas desempeñan un papel esencial en la movilidad de la población en crecimiento a lo largo de las redes de transporte, aliviando la congestión del tráfico y reduciendo la dependencia de los vehículos privados. Sin embargo, más allá de su diseño y funcionalidad, surge una cuestión crucial: el mantenimiento adecuado de estas unidades articuladas. El mantenimiento de las unidades articuladas es un factor de importancia crucial por diversas razones, todas ellas centradas en la seguridad, la eficiencia operativa y la experiencia del usuario. La combinación de su tamaño, capacidad de pasajeros y el riguroso ciclo de operación al que se someten en las ajetreadas calles urbanas hace que el mantenimiento se convierta en una necesidad indispensable.

Aguirre Ordoñez (2015) señala que la administración de la información en relación al mantenimiento de unidades articuladas en el transporte público se ha convertido en un factor esencial para asegurar un funcionamiento eficaz y una operación segura. La recolección, análisis y aplicación eficiente de datos y conocimientos pertinentes desempeñan un rol fundamental en el proceso de mantenimiento,

mejorando la planificación, la toma de decisiones y la prevención de problemas. Es esencial que los datos almacenados estén disponibles en tiempo real, y la gestión de esta información es de suma importancia para las organizaciones que brindan servicios de mantenimiento para las unidades de transporte.

En el ámbito del mantenimiento de unidades articuladas, hay ciertos aspectos relacionados con la gestión de la información que podrían no ser completamente comprendidos o apreciados por todos. Estos elementos a menudo pasan desapercibidos, pero desempeñan un papel esencial en la optimización de los procesos y la eficiencia de la operación. Para realizar los informes necesarios, es fundamental contar con herramientas especializadas que realicen el análisis de los datos almacenados. A estos instrumentos se les conoce como Business Intelligence (BI) (BI, por sus siglas en inglés) o inteligencia de negocios. Estas herramientas, antes del año 1990, solo estaban disponibles para empresas grandes que tenían analistas de datos, pero actualmente, con Internet, software y las redes sociales, se puede acceder a esta información para crear reportes propios de cada empresa. La implementación de Business Intelligence (BI) en las empresas es un tema poco conocido en Ecuador, donde son pocas las empresas que lo utilizan. Sin embargo, las universidades nacionales y extranjeras ofrecen cursos completos para el conocimiento y manejo de esta herramienta.

En el entorno dinámico y complejo del mantenimiento de unidades articuladas en el transporte público, la necesidad de una gestión efectiva se ha vuelto más apremiante que nunca. La utilización de la inteligencia de negocios mediante la herramienta Power BI, junto con la metodología del ciclo de vida de Kimball, emerge como una solución innovadora para abordar los desafíos relacionados con el mantenimiento de estas unidades críticas. La inteligencia de negocios, en esencia, se trata de convertir datos en conocimientos significativos que respalden la toma de decisiones informadas. Power BI, una herramienta líder en este campo, permite la visualización y el análisis de datos de manera dinámica y accesible, lo que brinda una visión más profunda de los procesos y las tendencias. Al integrar esta herramienta con la metodología de ciclo de vida de Kimball, que se centra en el

diseño y desarrollo estructurado de almacenes de datos, se crea un enfoque sólido para la gestión integral de la información en el mantenimiento de unidades articuladas.

Por lo tanto, este estudio sugiere emplear la inteligencia de negocios con Power BI y la metodología del ciclo de vida de Kimball en el mantenimiento de unidades articuladas como una vía para abordar de manera integral los diversos desafíos asociados con el mantenimiento. Los datos para este estudio se obtuvieron de los talleres de mantenimiento de unidades articuladas de la empresa Metropolitana de transporte de pasajeros Trolebús - Quito.

Respecto a la organización y contenido de este estudio, se introducen distintos capítulos que se describen a continuación: En el segundo capítulo se expone un análisis de la situación de la compañía Trolebús, con una descripción detallada de algunos indicadores de mantenimiento relativos a las unidades articuladas del Taller de la Río Coca. En el tercer capítulo se presenta la propuesta de solución derivada de esta investigación junto con sus resultados. Por último, en el cuarto capítulo se formulan las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

### **Antecedentes**

En su tesis presentada en la Universidad de Piura, Vargas Machuca Mondragón (2023) propone desarrollar un panel de control mediante la herramienta Power BI con el objetivo de mejorar la toma de decisiones en el ámbito de mantenimiento de maquinaria pesada en la industria minera. El enfoque es emplear la inteligencia empresarial a través de Power BI para visualizar y analizar la información generada por las órdenes de trabajo relacionadas con el mantenimiento de maquinaria pesada en el sector minero. Este proceso implica cuatro etapas que abarcan desde la selección de datos de la base hasta la creación del panel de control. Como resultado, se concluye que la incorporación de Power BI en el ámbito de mantenimiento ha mejorado significativamente el rendimiento de estas operaciones, lo que demuestra

que las tecnologías de inteligencia empresarial pueden ser aplicadas con éxito en las empresas de mantenimiento.

En la investigación realizada por Chávez Briceño (2020) sobre la optimización de la Gestión de Transporte Regular en la Municipalidad Provincial de Trujillo a través de la Inteligencia de Negocios, el objetivo primordial consistió en la implementación de esta estrategia empleando la metodología Kimball. La investigación se caracterizó como experimental y se basó en la utilización de técnicas de entrevista y observación. En el proceso se emplearon SQL Server y Power BI como herramientas clave. Los resultados obtenidos se revelaron altamente satisfactorios, ya que se logró reducir el tiempo necesario para generar informes en un impresionante 95.56%, además, el tiempo de consulta se disminuyó en un 86.37%, alcanzando una tasa de satisfacción del 98.0%.

En la Región de Salud La Libertad (Perú), Escobedo Velásquez (2021) llevó a cabo una investigación enfocada en el aprovechamiento de los sistemas de información de salud para respaldar la toma de decisiones mediante el uso de la inteligencia empresarial (BI). El propósito principal de este estudio consistió en potenciar la toma de decisiones de la Gerencia, involucrando a 53 empleados en un diseño experimental. La recopilación de información se llevó a cabo a través de entrevistas y cuestionarios dirigidos a los profesionales de la salud, y su análisis se realizó de manera confiable utilizando un sistema de procesamiento de datos estadísticos en español (SPSS). Para la construcción de la base de datos se aplicó la técnica SQLBI, vinculada a la inteligencia empresarial. Tras la implementación exitosa de la plataforma, se logró un aumento significativo del índice de satisfacción entre los trabajadores, registrando un incremento del 48%.

Garzón Ulloa et al. (2020) plantea que, en Ecuador, las compañías eléctricas carecen de sistemas dedicados al análisis de la información, lo que resulta en la ausencia de reportes gerenciales. Cuando se requiere un informe, es el departamento de tecnología el que lo produce, dando lugar a problemas como la demora en la entrega, la falta de uniformidad en la información y las inconsistencias. Para

abordar esta situación, se desarrolló un Portal web con un enfoque gerencial específico para el sector eléctrico. En este proyecto se aplicó la metodología de Ralph Kimball en conjunto con BI, y se utilizó Qlik Sense como herramienta de desarrollo para la información. Esto permitió que la Empresa Eléctrica Cotopaxi S. A (ELEPCOSA) pudiera gestionar eficazmente sus recursos. Como resultado, cuando el nivel directivo requiere informes, puede tomar decisiones basadas en información estandarizada, logrando una optimización eficiente de los recursos humanos y financieros disponibles.

En Cumbayá, una localidad de Quito, se ubica un establecimiento gastronómico especializado en platos típicos ecuatorianos, que presenta un menú especialmente diseñado para su clientela. La preparación de estos platos requiere la disponibilidad de ingredientes en inventario, en un estado fresco y listos para ser utilizados en la elaboración de los platillos. Con el objetivo de asegurar la excelencia en la experiencia de sus comensales, el dueño del restaurante decide adoptar una herramienta que le facilite la toma de decisiones para alcanzar la satisfacción de los clientes. Chamba Prieto (2019) destaca la importancia crucial de mejorar los procedimientos operativos mediante la implementación de la inteligencia empresarial y la incorporación de un panel de control específico para analizar estas necesidades. Esta optimización abarca todas las fases, desde la adquisición de los ingredientes hasta la garantía de la satisfacción de los clientes.

En la ciudad de Guayaquil se establece una empresa dedicada a la fabricación de envases de plástico especialmente concebidos para el manejo de productos alimenticios. Zamora Arreaga et al. (2020) realiza un minucioso análisis de distintas herramientas de inteligencia de negocios, incluyendo Qlikview, Tableau, Microsoft Power BI y Microsoft Dynamics NAV. El propósito de este análisis es determinar cuál de estas herramientas es la más pertinente para la empresa en cuestión. Luego de evaluar detalladamente estas opciones, el autor concluye que Power BI es la solución más idónea para agilizar la toma de decisiones y prevenir compras superfluas. Dentro del proceso de ventas, se identifican los aspectos clave de la organización. Esto brinda a los directivos la capacidad de consolidar información

de manera eficaz. A través de esta integración, se logra discernir entre el personal, los procedimientos y las interconexiones que existen entre ellos. El objetivo es aumentar el volumen de ventas y reducir los costos operativos.

### **Justificación**

En las empresas, cada día se recopila información producida por sus operaciones, la cual debe ser evaluada, tratada y categorizada para poder derivar aprendizaje de la misma. Esta data se guarda en múltiples fuentes, como hojas de cálculo. A pesar de esto, al crear reportes, la certeza de estos no siempre es alta, debido a que su comprensión está sujeta al individuo que los elabora y puede resultar poco precisa.

Establecer limitaciones en relación a la información disponible resulta fundamental para aprovechar de manera efectiva la inteligencia empresarial. Esto implica examinar los datos y transformarlos en sabiduría que facilite la detección de potenciales desafíos y requerimientos dentro de la entidad. De este modo, será posible optimizar los procedimientos y tomar elecciones en favor del bienestar de la organización.

Un buen sistema de inteligencia empresarial capacita a las empresas para plantear y contestar preguntas fundamentadas en los datos recopilados. Además, la utilización de la inteligencia de negocios en el tratamiento de información resulta ventajosa para la realización de elecciones acertadas.

La relevancia de emplear Power BI para la inteligencia empresarial en los mantenimientos de los vehículos articulados de una compañía reside en la habilidad de adquirir datos valiosos en tiempo real acerca del estado de las unidades y sus requisitos de mantenimiento. Esto habilita a los encargados del taller a tomar decisiones bien fundamentadas acerca de cuándo y cómo efectuar el mantenimiento, disminuyendo el tiempo de inactividad y aumentando la eficiencia. Mediante el uso de Power BI, se pueden analizar los registros pasados de mantenimiento y rastrear los indicadores de desempeño clave (KPI) para detectar

patrones y tendencias. Esto permite una mejor organización y programación del mantenimiento preventivo, posibilitando la identificación de oportunidades para mejorar los procedimientos de mantenimiento. Este enfoque genera un impacto sustancial en la gestión de los mantenimientos de las unidades del taller, resultando en mayor eficiencia, menor gasto y un mejor rendimiento general del taller.

La conveniencia de combinar la inteligencia empresarial con Power BI en los mantenimientos de los vehículos articulados implica emplear herramientas y procedimientos que faciliten una identificación más precisa de pautas y direcciones, una automatización y eficacia mejoradas en el proceso, y una evaluación constante de la viabilidad de las mejoras oportunas detectadas.

### **Beneficiarios**

Aquellos que se ven favorecidos por la fusión de la inteligencia de negocios con Power BI en la gestión de mantenimiento de vehículos articulados en un taller abarcan a todos los participantes en el proceso, desde los encargados del taller (personal de mantenimiento y la empresa propietaria de las unidades articuladas) hasta los clientes de la empresa.

La viabilidad de este proyecto puede lograrse mediante la aplicación de la inteligencia de negocios junto a Power BI en los procedimientos de mantenimiento de vehículos articulados. Esto es plausible porque la compañía trolebús presenta la necesidad de una solución que respalde la toma de decisiones, posee un historial de mantenimiento de unidades, dispone de las herramientas y sistemas requeridos para incorporar Power BI en el contexto de la inteligencia de negocios, está en posesión de los recursos financieros, el tiempo y los elementos necesarios para entrenar al personal, y también reconoce los potenciales beneficios que se pueden obtener.

### **Objetivos**

#### **General**

Desarrollar una solución de inteligencia empresarial mediante la utilización de Power BI con el propósito de optimizar la toma de decisiones en el proceso de mantenimiento de unidades articuladas en una compañía de transporte.

### **Específicos**

- Reconocer las herramientas, técnicas y metodologías predominantes en inteligencia de negocios aplicadas al mantenimiento de unidades articuladas, con el fin de potenciar el análisis profundo de la base de datos del taller de mantenimiento de la empresa, para identificar posibles áreas de mejora en la gestión y análisis de los datos, buscando optimizar los procesos y facilitar la detección de oportunidades para una gestión más eficiente.
- Establecer la implementación de un sistema de Business Intelligence (BI) con el objetivo de organizar de manera eficiente la información en un almacén de datos que resguarde el histórico del manejo de mantenimiento de las unidades dentro de la organización.
- Evaluar los resultados del sistema implementado mediante un análisis comparativo con las decisiones tomadas anteriormente, antes de la implementación de dicho sistema, con el objetivo de identificar y medir las mejoras y eficacias logradas.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual de la empresa**

El sistema de transporte público en Quito, denominado Trole, ha experimentado mejoras progresivas con el fin de aumentar su eficacia y conveniencia para los pasajeros a lo largo de los años. Este servicio, que se inició en 1995, se conoce como Troncal Central Trolebús o simplemente Trole. Su concepción tomó inspiración de los trolebuses y del sistema BRT de la ciudad brasileña de Curitiba, un modelo globalmente reconocido en el ámbito de sistemas de transporte masivo. A lo largo de los años, la Unidad Operadora del Sistema Trolebús ha introducido múltiples mejoras en el funcionamiento del Trole. Desde su inauguración, se establecieron carriles exclusivos que conectaban la terminal sur ‘El Recreo’ con la calle Esmeraldas en el núcleo histórico de la ciudad. En ese periodo inicial, el Trole operaba con una flotilla de 17 trolebuses recién adquiridos.

Luego, en el año 2000, se incrementó la capacidad operativa a 113 unidades y se introdujeron nuevas rutas con el objetivo de atender las necesidades de la población en el Distrito Metropolitano de Quito. Estas mejoras posibilitaron ampliar la disponibilidad del servicio y ofrecer alternativas de transporte más convenientes para los habitantes.

La optimización del servicio del Trole también se ha centrado en mejorar la calidad del mismo. Se han implementado medidas para garantizar la puntualidad, la seguridad y la comodidad de los pasajeros. Además, se han realizado mejoras en las estaciones, como la instalación de pantallas informativas y sistemas de pago electrónicos, con el fin de agilizar el proceso de embarque y desembarque.

Desde su establecimiento en 1995, el Trole de Quito ha experimentado notables avances. Mediante la introducción de carriles exclusivos, la expansión de la cantidad de trolebuses y la inclusión de rutas adicionales, se ha conseguido mejorar el funcionamiento del servicio y atender las exigencias de desplazamiento de la

población. Estos progresos continuos reflejan el empeño de las autoridades por brindar a los residentes urbanos un sistema de transporte público efectivo y cómodo.

## Localización

La entidad municipal de transporte de pasajeros en la ciudad de Quito es gestionada por el Municipio de Quito. La sede central administrativa se encuentra en La Magdalena (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la unidad administrativa del TROLEBÚS.

Nota. La figura representa la ubicación geográfica de la unidad administrativa. Tomado de (Traolebus, 2023).

La compañía dispone de tres talleres de mantenimiento equipados con tecnología de mediana generación y herramientas esenciales para el mantenimiento de su flota. Estos talleres están ubicados en Río Coca, Recreo y Chiri yacu, y cuentan con técnicos especializados en mecánica y electrónica para garantizar un mantenimiento óptimo de los vehículos. En relación al horario de operación, se establece de la siguiente manera:

- Horario: 5:00 – 24:00
- Intervalo hora pico (7:00 a 9:00 y 17:00 a 19:00): 1,5 minutos

- Intervalo hora valle: 3 minutos
- Carga hora pico por bus: 180 pasajeros
- Carga hora valle: 100 pasajeros
- Distancia promedio entre paradas: 600m en una longitud de 18,5 Km

En las estaciones de El Recreo, Río Coca, Terminal Terrestre, Labrador y Amañan la compañía dispone de personal en el ámbito administrativo que está a cargo de ofrecer asistencia al cliente, además de contar con un equipo técnico especializado destinado a abordar cualquier fallo que puedan experimentar los vehículos articulados. La Figura 2 presenta un esquema de las paradas a lo largo de la ruta seguida por los vehículos del Trolebús.

En lo que respecta a la estructura del Trolebús, se encuentra segmentada en tres subsistemas distintos: el Subsistema Convencional (integrado por empresas de origen privado), el Subsistema Metro de Quito (coordinado por la entidad municipal de transporte) y el Subsistema Convencional Metrobús-Q (que opera en carriles exclusivos de propiedad privada). La administración del corredor Central Trolebús y del corredor oriental Eco vía está a cargo de Trolebús, mientras que el corredor Central Norte y Sur Occidental opera mediante contratos privados (Traolebus, 2023).



## **Figura 2. Paradas del Trolebús**

Nota. La figura exhibe las paradas del Trolebús, Tomado de (Traolebus, 2023).

### **Estructura Organizacional**

Se trata de la manera en que se estructura y constituye una organización con el fin de alcanzar sus u objetivos. Esto engloba la disposición de la autoridad y las responsabilidades en diferentes niveles, así como la asignación de roles y tareas entre los diversos departamentos y miembros del equipo.

Según el nivel de autonomía otorgado a los diversos departamentos y unidades operativas, se presentan dos configuraciones estructurales disponibles: centralización o descentralización. Además, se pueden considerar formatos como funcional, divisional, matricial o centrados en equipos, según la manera en que los empleados y los recursos son agrupados.

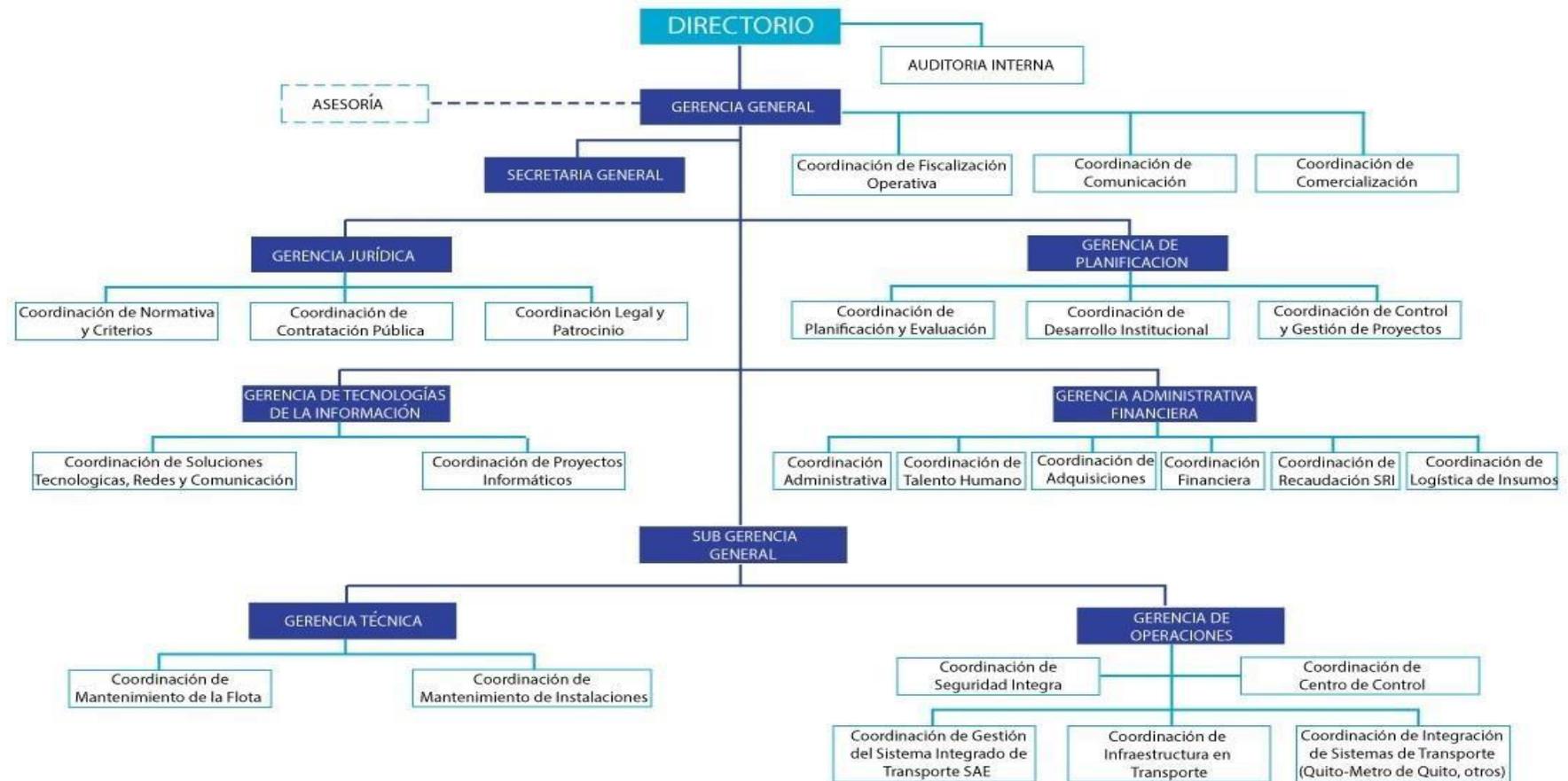
Cada disposición organizativa posee sus propias fortalezas y debilidades, y la selección de la estructura idónea estará condicionada por elementos tales como el tamaño de la empresa, la complejidad de las actividades, el entorno del mercado y los objetivos estratégicos de la entidad.

Resulta esencial que las compañías realicen revisiones periódicas de su estructura organizativa para asegurarse de que esté en consonancia con sus metas y para identificar posibilidades de mejorar la eficiencia y el desempeño de sus operaciones (Ulloa et al., 2019).

En la Figura 3 se define la estructura organizacional de la empresa de transporte de pasajeros Trolebús EPQ.

### **FODA de la empresa trolebús**

En la Tabla 1 se presenta el FODA de la empresa Trolebús.



**Figura 3.** Estructura Organizacional de la Empresa Trolebús

Nota. El gráfico representa la estructura organizacional de la empresa Trolebús EPQ, Tomado de (Trolebús, 2023).

**Tabla 1: FODA de La Empresa Trolebús EPQ**

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponer de una flota de unidades e infraestructura física (Talleres, Terminales, Estaciones, Paradas y Carril Exclusivo) para el transporte de pasajeros en las troncales.</li> <li>• Disponer de personal técnico y administrativo competente y con amplia experiencia para el servicio de transporte de pasajeros.</li> <li>• Integración y amplia cobertura del servicio de transporte de pasajeros.</li> <li>• Monitoreo y control permanente del servicio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de tecnología aplicada al sector de la movilidad</li> <li>• Reestructuración de rutas y frecuencias del servicio de transporte de pasajeros, que permita integrarse al Metro de Quito y otros medios de transporte.</li> <li>• Interés del sector público y privado para el uso y explotación de la infraestructura física y móvil del sistema integrado de transporte público.</li> <li>• Tendencia del mundo para migrar a la eco movilidad, integrando</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresos insuficientes para garantizar la sostenibilidad financiera.</li> <li>• Falta de sostenibilidad financiera para garantizar la continuidad del servicio</li> <li>• Falta de optimización y automatización de los procesos de la Empresa.</li> <li>• Disminución de la confiabilidad de la flota próxima a cumplir su vida útil.</li> <li>• No cuenta con mecanismos de Responsabilidad Social</li> <li>• Bajo nivel de cumplimiento de la normativa ambiental</li> <li>• Infraestructura tecnológica desactualizada.</li> <li>• Insuficiente mantenimiento y mejora a la infraestructura física del sistema de transporte público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de sostenibilidad financiera para garantizar la continuidad del servicio</li> <li>• Altos índices de inseguridad y siniestralidad en el transporte público</li> <li>• La emergencia sanitaria producto del COVID – 19 ocasionó desconfianza injustificada por los medios de comunicación no respaldada científicamente</li> <li>• No existe cultura ciudadana en el uso del SITP</li> <li>• Demora en la toma de decisiones del sector de la movilidad.</li> <li>• Posibles cambios en la normativa legal que incide en la gestión de la Empresa</li> <li>• Posibles paralizaciones, fenómenos naturales y eventos catastróficos</li> </ul>

En un mundo empresarial en constante evolución, es esencial contar con herramientas que permitan a las organizaciones comprender su entorno y su posición interna de manera profunda. En este contexto, surge el análisis FODA, una metodología estratégica que se ha convertido en una brújula invaluable para las empresas y proyectos en busca de un enfoque informado y efectivo. A través de la identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, el análisis de este ofrece una panorámica completa que ayuda a tomar decisiones más acertadas y a diseñar estrategias adaptadas a los desafíos y oportunidades del entorno actual (Codina Jiménez, 2011).

### **Software que usa la Empresa.**

La compañía TROLEBÚS EPQ emplea un sistema interno fundamentado en PHP que se encuentra centralizado y destinado al departamento de mantenimiento de su flota. Este sistema es empleado para la administración de las ordenes de trabajo referentes a los vehículos articulados cuando ingresan a los talleres de la empresa. Entre las funciones del sistema se incluye el registro detallado de las tareas realizadas y la finalización de las ordenes correspondientes. Adicionalmente, la empresa utiliza un software de gestión de inventario que simplifica el proceso de registrar los repuestos empleados en el mantenimiento de las unidades. Esta labor abarca tanto la prevención de problemas como la corrección de los mismos en los vehículos. Es relevante destacar que ambos sistemas operan de manera independiente.

### **Unidades Articuladas del Trolebús**

Las unidades articuladas de transporte de pasajeros son vehículos diseñados para el desplazamiento eficiente y cómodo de grandes cantidades de personas. Estas unidades, comúnmente conocidas como autobuses articulados, se destacan por su estructura alargada y dividida en secciones articuladas, permitiendo giros más cerrados y mejor maniobrabilidad. Esta característica los hace ideales para rutas urbanas con curvas pronunciadas y paradas frecuentes. Además, las unidades

articuladas suelen ofrecer una mayor capacidad de pasajeros en comparación con los autobuses convencionales, contribuyendo así a la optimización del transporte público en entornos urbanos congestionados.

En la Tabla 2. se presenta la cantidad de unidades articuladas disponibles en posesión de la empresa. La flota vehicular comprende un total de 308 unidades articuladas y se encuentra respaldada por tres talleres operativos. Además, la organización cuenta con aproximadamente 1800 empleados que se distribuyen en tres turnos distintos: de 6:00 a 14:00, de 14:00 a 22:00 y de 22:00 a 6:00.

El objetivo central de la empresa consiste en brindar servicios de transporte a los pasajeros en la ciudad de Quito, a través de diversas rutas y trayectos disponibles.

**Tabla 2.** Unidades Articuladas del Trolebús .

Flota	Total	Modelo	Años	Km Promedio
Trolebús I Mercedes	41	O405G	28	962289
Trolebús II Mercedes	46	O405T	24	862179
Articulado MB-500	40	O500MA	9	421034
Articulados Volvo	80	B12M	12	520460
Bi-Articulados Volvo	80	B340M	7	339084
Articulados Volvo	37	B10M	20	698206
<b>TOTAL</b>	<b>324</b>			

Nota. La tabla muestra las unidades del Trolebús, Tomado de (Traolebus, 2023).

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### **Especificación técnica de unidades articuladas de la empresa Trolebús**

#### **Trolebús**

Un trolebús es un vehículo de transporte público que se alimenta de energía eléctrica a través de líneas aéreas de cables de tracción. Similar a un autobús

convencional, el trolebús utiliza motores eléctricos para propulsarse, pero en lugar de depender de baterías o combustibles fósiles, se conecta a una red eléctrica aérea mediante péndulos o brazos de captación. Esto lo hace una opción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente al eliminar las emisiones directas en el lugar. Los trolebuses son comunes en áreas urbanas.

La Figura 4 ilustra una unidad del trolebús que está equipada con motores auxiliares de tipo diésel. Estos motores posibilitan su operación fuera del tramo electrificado, desde la ubicación base hasta el punto donde se conecta con el sistema eléctrico del corredor. Además, estos motores son una herramienta valiosa en situaciones de interrupción en el suministro eléctrico

**Tabla 3.** Unidad Articulada Trolebús

	Flota 1: 0405G	Flota 2: 0405GT
Regulador de marcha	EFB 142 Kiepe	EFB 154 Kiepe
Convertidor de potencia	DPU 305 Ondulador de pulsos tecnología GTO Enfriamiento: ventilación forzada	DPU 401 Ondulador de pulsos tecnología IGBT Enfriamiento: ventilación forzada
Convertidor estático	SEPSA Potencia total 11KVA Salida trifásica 380 V (7.5 KVA) Salida continua 27.5 V (3.5 KVA)	KIEPE: BNU 409 Potencia total 11.5 KVA Salida trifásica 400 V/ 230 v (7.5 KVA) Salida continua 27.6 V (4 KVA)
Potencia	157 Kw (210 HP)	230 Kw (308 HP)

Tecnología	Sistema de inyección mecánica, sistema de aceleración controlado electrónicamente	Sistema de inyección EDC
Motor de Tracción asíncrono trifásico	4 polos ABB BAZU 4651/4 Potencia 230 kW Enfriamiento: ventilación forzada	4 polos ABB BAZU 4651/4 Potencia 230 kW Enfriamiento: ventilación forzada
Pantógrafo	Trole tipo OSA 301 Tensión a hilo: 100 N Altura operación: 3200 mm a 5700 mm	Trole tipo OSA 301 Tensión a hilo: 100 N Altura operación: 3200 mm a 5700 mm
Articulación	Sistema anti pandeo controlado electrónicamente	Sistema anti pandeo controlado electrónicamente

Nota. La tabla muestra las especificaciones técnicas de un trolebús, Tomado de (Ayala Taco et al., 2019).

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 4.** Trolebús .

Nota. La figura exhibe la Unidad Articulada Trolebús, Tomado de (Traolebus, 2023).

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

En la Tabla 3 muestra información detallada, especificaciones y aspectos técnicos referentes a una unidad de trolebús articulado que forma parte de la flota de la empresa de transportes de pasajeros Trolebús.

### **Biarticulado**

Un vehículo biarticulado para transporte de pasajeros es una ingeniosa solución diseñada para ofrecer una mayor capacidad y eficiencia en el transporte público. Este tipo de vehículo se caracteriza por tener dos secciones articuladas, lo que le permite ser más largo que un autobús articulado convencional. Gracias a su diseño alargado, puede acomodar a un mayor número de pasajeros, convirtiéndolo en una opción eficaz para rutas de alto tráfico en entornos urbanos. La articulación adicional proporciona flexibilidad y capacidad para maniobrar en curvas y esquinas, al tiempo que mantiene una eficiencia en términos de espacio y ocupación de la vía.

Estos vehículos biarticulados suelen estar equipados con tecnologías avanzadas para mejorar la comodidad de los pasajeros y cumplir con los estándares medioambientales al incorporar propulsores más limpios y eficientes. En resumen, los vehículos biarticulados representan una innovación en el transporte público, abordando la necesidad de mayor capacidad y sostenibilidad en entornos urbanos congestionados.

En el frente del vehículo se localiza la primera articulación, permitiendo que la cabina del conductor y la sección inicial del vehículo roten en relación con el resto del autobús. La segunda articulación está en el centro del vehículo, conectando la primera sección con la segunda. En la parte trasera del vehículo, se ubica la tercera sección, que también tiene la capacidad de girar con respecto a las otras dos.

El diseño del vehículo biarticulado (ver Figura 5) posibilita que este tipo de transporte sea considerablemente más largo que un autobús convencional, lo que amplía su capacidad para transportar un mayor número de pasajeros. Estos vehículos biarticulados se utilizan habitualmente en áreas urbanas con una demanda

significativa de transporte público, ya que superan ampliamente la capacidad de pasajeros de los autobuses tradicionales.



**Figura 5.** Biarticulado

Nota. La figura exhibe la Unidad Biarticulado, Tomado de (Traolebus, 2023).

Debido a su extensión y habilidad para acomodar a numerosos pasajeros, los biarticulados tienen el potencial de mitigar la congestión del tráfico y disminuir la necesidad de operar varios autobuses en una única ruta. Además de esto, estos vehículos generalmente incorporan mecanismos de acceso rápido y espacios amplios destinados a los pasajeros, lo que contribuye a elevar la comodidad y eficacia del transporte público en entornos urbanos.

En la Tabla 4 se puede visualizar las especificaciones técnicas básicas de una biarticulado.

**Tabla 4.** Unidad Biarticulado

Interiores	Iluminación
2 salidas de emergencia por vagón.	Exterior
2 ventiladores por vagón.	Faros delanteros: Halógeno en luces altas;

2 extractores por vagón.	halógeno de penetración en luces bajas.
Piso de triplay revestido en linóleoum.	Focos direccionales delanteros y traseros
Mampara divisora tubular con acrílico transparente detrás de operador.	incandescentes; opción en LED direccionales traseros.
1 extinguidor por vagón.	Navegación: LED.
Iluminación interior independiente en LED	Cuartos traseros y stop: en LED. Reversa: Incandescente
Espacio para silla de ruedas con cinturón de seguridad.	Cíclope en LED.
Ventanilla de emergencia	Opción de torreta delantera y trasera; en
Asientos cantiléver	LED. Interior Iluminación salón de pasajeros en LED Luz incandescente de servicio por cada puerta de servicio en LED.

Dimensiones (mm)	Motor		
Largo total	25000	Nivel de emisiones	Euro 5
Ancho total	2550	Combustible	Diesel
Alto total	3810	Desplazamiento (dm3)	12.1
Distancia entre ejes	5500	Cilindros / acomodo	6 en línea
Volado delantero	2500	Potencia (hp)	340
Volado trasero	3100	Torque ISO 1585	1800
Angulo de entrada´	9		
Angulo de salida´	8		
Estructura	Llantas y rines		
Estructura de acero galvanizado.	Llantas 295/80 R22.5”.		

Altura para plataforma de 1 m; \* 0.9 m. \* Rines de 8.25" x 2.55" en acero.

---

Nota. La tabla muestra las especificaciones, Biarticulado, Tomado de (Volvo, 2023).  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### **Articulado MB 500**

El Mercedes MB 500 - 2836 es un destacado ejemplo de bus articulado diseñado para el eficiente transporte de pasajeros. Fabricado por Mercedes-Benz, este vehículo se caracteriza por su estructura alargada y su capacidad para transportar grandes cantidades de personas en entornos urbanos. La denominación. O500 UA - 2836" puede contener información específica sobre el modelo, como la capacidad del motor y la configuración del chasis.

Equipado con avanzadas tecnologías de confort y seguridad, el Mercedes O500 UA - 2836 ofrece una experiencia de viaje cómoda y segura para los pasajeros. Su diseño articulado le permite maniobrar con facilidad en rutas con curvas y paradas frecuentes, siendo una opción eficiente para áreas metropolitanas con alto tráfico.



**Figura 6.** Articulado MB 500

Nota. La figura exhibe la Unidad Articulado MB 500, Tomado de (Traolebus, 2023).

En la Tabla 5 se encuentran presentadas las especificaciones técnicas fundamentales de un modelo de autobús articulado MB-500.

**Tabla 5.** Articulado MB 500

<b>Motor</b>	
Modelo	MB OM 457 LA. V/22-02
Tipo	6 cilindros verticales en línea, con turbocooler
Cilindrada	11967 cm <sup>3</sup>
Potencia máxima (ISO 1585)	KW 260 (354 cv) @ 2000 / min
Par motor máximo (ISO 1585)	Nm 1600 (163 mkgf) @ 1100 / min
Consumo específico	g / kWh 183,8 (135 g / cvh) @ 1200 / min
<b>Desempeño del vehículo</b>	
Velocidad máxima (km/h) - a 2000/min Pendiente máxima en movimiento (%)	70, limitada a 60 Km/h por requerimiento legal 43, con PBV: 28.000 Kg
<b>Transmisión</b>	
Caja de cambios	Voith DIWA D 864.5 4,85 - 0,74 -
Marchas	Caja automática con retardador integrado
Relaciones 1ra / Última / Reversa	4 con gerenciamiento electrónico i = 4,85 / 1,36 /
Embrague	1,0 / 0,74 marcha atrás = 4,1
<b>Frenos</b>	
Frenos de Servicio Delanteros	Aire comprimido de dos circuitos Frenos a Tambor,
Frenos de Servicio Traseros	carcaza central con tubos de acero insertados
Freno de Estacionamiento	Cámara de resorte acumulador, con accionamiento
Frenos Auxiliares	neumático Freno motor Freno motor, TOP BRAKE

Freno Adicional	electroneumático puede actuar en conjunto con el
Freno Adicional	freno de servicio Frenos ABS ASR (Control de
Seguridad Activa	Tracción)

---

#### Ejes

---

Eje delantero	MB VO 4 / 39 CL 7,5
1° eje trasero	ZF - AVN - 132 11,5 t (eje intermedio)
2° eje trasero	MB HO 7/03 DCL-12,3
Reducciones	$i = 4.000 \times 1.933 (29:15 \times 4.00) = 7,733$

---

#### Sistema eléctrico

---

Alternador (V/A)	28V / 80A
Batería (cantidad x V/Ah)	2 x 12V / 170Ah
Tensión nominal	24V

Peso y capacidad (kg)	Pesos Técnicamente		
Vacío sin carrocería, en orden de marcha	1,880	Eje delantero	7,000
Eje delantero	2,146	Eje trasero (2do eje	
Eje trasero (2do eje + 3er eje)	5,798	+ 3er eje)	11,500
Total	9,824	3er Eje Peso Bruto	12,300
	18,176	Vehicular (PBV)	28,000
Carga útil = Carrocería + pasajeros			

Nota. La tabla muestra las especificaciones, MB-500, Tomado de (MercedesBenz, 2023).  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### Articulado volvo B12M

El Volvo B12M articulado es una innovadora solución de transporte público que combina la reconocida calidad de la marca Volvo con la versatilidad de los autobuses articulados. Diseñado para ofrecer eficiencia y comodidad, este vehículo

se destaca por su estructura alargada y su capacidad para transportar a un gran número de pasajeros en áreas urbanas.

La característica que sobresale en este vehículo se encuentra en su estructura modular y su capacidad para llevar a cabo el transporte eficiente de un gran número de pasajeros. Gracias a su habilidad para acomodar grandes volúmenes de viajeros, estos autobuses articulados fabricados por Volvo son extensivamente empleados en los sistemas de transporte público de ciudades con una demanda de movilidad significativa.

En términos de especificaciones técnicas, el vehículo está propulsado por un motor diésel de seis cilindros. Su capacidad para transportar pasajeros varía de 120 a 150 personas, y su longitud abarca desde 18 hasta 18.75 metros. La transmisión puede ser automática o semiautomática, y cuenta con tecnologías de seguridad tales como frenos antibloqueo (ABS). En cuanto a la suspensión, está diseñada para proporcionar un viaje cómodo y suave.

El autobús articulado Volvo B12M (presentado en la Figura 7) es un tipo de vehículo de transporte de gran envergadura y capacidad desarrollado por la empresa sueca Volvo.



**Figura 7.** Articulado volvo B12M .

Nota. La figura exhibe la Unidad Articulado B12M, Tomado de (Traolebus, 2023).

Las especificaciones técnicas esenciales de un articulado Volvo B12M se encuentran presentadas en la Tabla .6.

**Tabla 6.** Unidad Biarticulada B12M

Neumáticos	Ruedas
295/80R22,5	8,25x22,5

Motor	Suspensión
Volvo DH12. Motor diésel, horizontal, , con ubicado en entre ejes, totalmente electrónico inyección de combustible a través de unidades de inyección independientes, 6 cilindros en línea, 4 válvulas por cilindro en la culata turboalimentado y intercooler, acelerador electrónico “by wire”, sistema diagnóstico de fallas, auto protección contra supercalentamiento. Nivel de emisiones de acuerdo con la reglamentación (EURO III).	Totalmente neumática con control nivel. electrónico, cámaras de aire tipo fuelle controladas por válvulas neumáticas de Dos fuelles en el eje delantero y cuatro en los demás ejes. Amortiguadores de doble acción. Barras estabilizadoras y de reacción. Control de nivel (80mm) para maniobras

Eje tracción	Dirección
Volvo RS 1370 HV, reducción en los cubos, corona y piñón hipnoides. Relaciones de reducción 7,21:1 o 5,41:1 (opcional)	ZF8098, hidráulica integral, tipo esfera en recirculantes. Volante de 450mm regulable ángulo y altura.

---

### Caja ZF 6HP604 C

---

Automática, con convertidor de par, 6 marchas totalmente sincronizadas, retardador incorporado. Neutro durante las paradas (Sistema NBS)

---

Relaciones	1. marcha: 6,27:1
	6. marcha: 0,59:1

---

### Caja VOITH DIWA 864.5 (opcional)

---

Automática, con convertidor de par, 4 marchas totalmente sincronizadas, retardador incorporado. Neutro durante las paradas (Sistema ANS)

---

Relaciones	1. marcha: 6,27:1
	4. marcha: 0,73:1

---

### Motor DH12 340cv

---

Potencia	kW (cv)	rpm
	250 (340)	1700-1800
Par Motor	Nm (kgfm)	rpm
	1700 (173)	1100-1300

---

Nota. La tabla muestra las especificaciones, B12M, Tomado de (Volvo, 2023).  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

## Mantenimiento de unidades articuladas

Existen diferentes tipos de mantenimiento que se pueden aplicar dependiendo de las necesidades y características específicas de los equipos o sistemas a mantener.

Tipos más comunes de mantenimiento:

- **Mantenimiento correctivo:** Este tipo de mantenimiento se realiza cuando un equipo o sistema ya ha sufrido una falla o avería. El objetivo principal es restaurar su funcionamiento normal lo más rápido posible. Se llevan a cabo las reparaciones necesarias para solucionar el problema y poner el equipo

de nuevo en funcionamiento. Sin embargo, este tipo de mantenimiento no previene las averías futuras y puede resultar costoso debido a los tiempos de inactividad no planificados;

- ***Mantenimiento preventivo:*** El mantenimiento preventivo se realiza de forma planificada y regular antes de que ocurra una falla o avería. El objetivo es prevenir problemas futuros y mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento. Se llevan a cabo inspecciones, lubricaciones, ajustes, reemplazos de piezas desgastadas y otras actividades programadas para minimizar el riesgo de fallos. El mantenimiento preventivo se basa en intervalos de tiempo o en ciclos de uso, y puede incluir revisiones periódicas, mantenimiento predictivo o tareas de calibración;
- ***Mantenimiento predictivo:*** Este tipo de mantenimiento utiliza técnicas de monitoreo y seguimiento para determinar el estado y la salud del equipo en tiempo real. Se recopilan datos y se analizan para predecir posibles fallas o averías. Con esta información, se pueden tomar acciones preventivas antes de que ocurran problemas graves. El mantenimiento predictivo puede incluir análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite, pruebas no destructivas y otras técnicas de monitoreo avanzadas (Garrido, 2010).

#### **Sugerencias para realizar el mantenimiento de unidades articuladas:**

- Realizar inspecciones exhaustivas antes y después de cada viaje: Antes de iniciar un viaje, realiza una inspección completa de todas las unidades articuladas, Verifica el estado de los neumáticos, frenos, luces, sistema de acoplamiento, suspensión y otros componentes importantes. Después del viaje, realiza otra inspección para identificar cualquier daño o desgaste que pueda haber ocurrido durante el trayecto. Esta práctica te permitirá detectar problemas tempranamente y tomar medidas preventivas antes de que se conviertan en fallas mayores;

- Capacitar a los conductores sobre el mantenimiento básico: Los conductores de las unidades articuladas juegan un papel crucial en el mantenimiento adecuado de los vehículos. Proporciona capacitación básica sobre el mantenimiento a los conductores, incluyendo la importancia de verificar regularmente los niveles de aceite, agua, líquido de frenos y otros fluidos, así como la inspección visual de neumáticos, luces y señales de advertencia en el tablero. Incentiva a los conductores a informar cualquier anomalía o problema que detecten durante sus viajes para poder abordarlos a tiempo (Villada, 2013).

### **Descripción del Proceso de mantenimiento de las unidades articuladas**

El proceso de mantenimiento comprende una serie de actividades y procedimientos planificados con el fin de asegurar el correcto desempeño y prolongar la vida útil de los equipos, maquinarias o sistemas.

Estas actividades pueden ser tanto preventivas, realizadas de forma programada y regular para evitar fallas, como correctivas, que se ejecutan en respuesta a una falla o avería. El propósito principal del proceso de mantenimiento es garantizar la disponibilidad, fiabilidad y seguridad de los equipos y sistemas, minimizando las interrupciones en su funcionamiento y maximizando su eficiencia y productividad, lo cual se logra a través de la identificación temprana de posibles fallas, así como la reparación o reemplazo oportuno de piezas o componentes (Villada, 2013).

El procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades articuladas de Trolebús EPQ comienza cuando el conductor informa a la central de comunicación sobre cualquier tipo de avería en su unidad. El operador de la central se comunica con el taller correspondiente para reportar la avería, y el técnico encargado del turno para averías en ruta se comunica con el conductor para realizar algunos procedimientos y detectar el posible fallo en la unidad. En este punto, hay dos opciones: que el conductor resuelva el problema con las instrucciones del técnico o que el técnico se acerque al punto para llevar a cabo el proceso de solución

de averías en ruta. Cabe mencionar que ambos sistemas operan de manera independiente.

Con el fin de mejorar el proceso de mantenimiento de las unidades articuladas de Trolebús EPQ, se sigue un procedimiento al ingresar la unidad al taller. Primero, se genera una orden de trabajo para identificar y solucionar la avería. Luego, los técnicos llevan a cabo el mantenimiento correctivo y solicitan repuestos en caso de ser necesario. Después de las reparaciones, se cierra la orden de trabajo con un registro detallado de las actividades realizadas y los repuestos utilizados (en caso de haberlos utilizado).

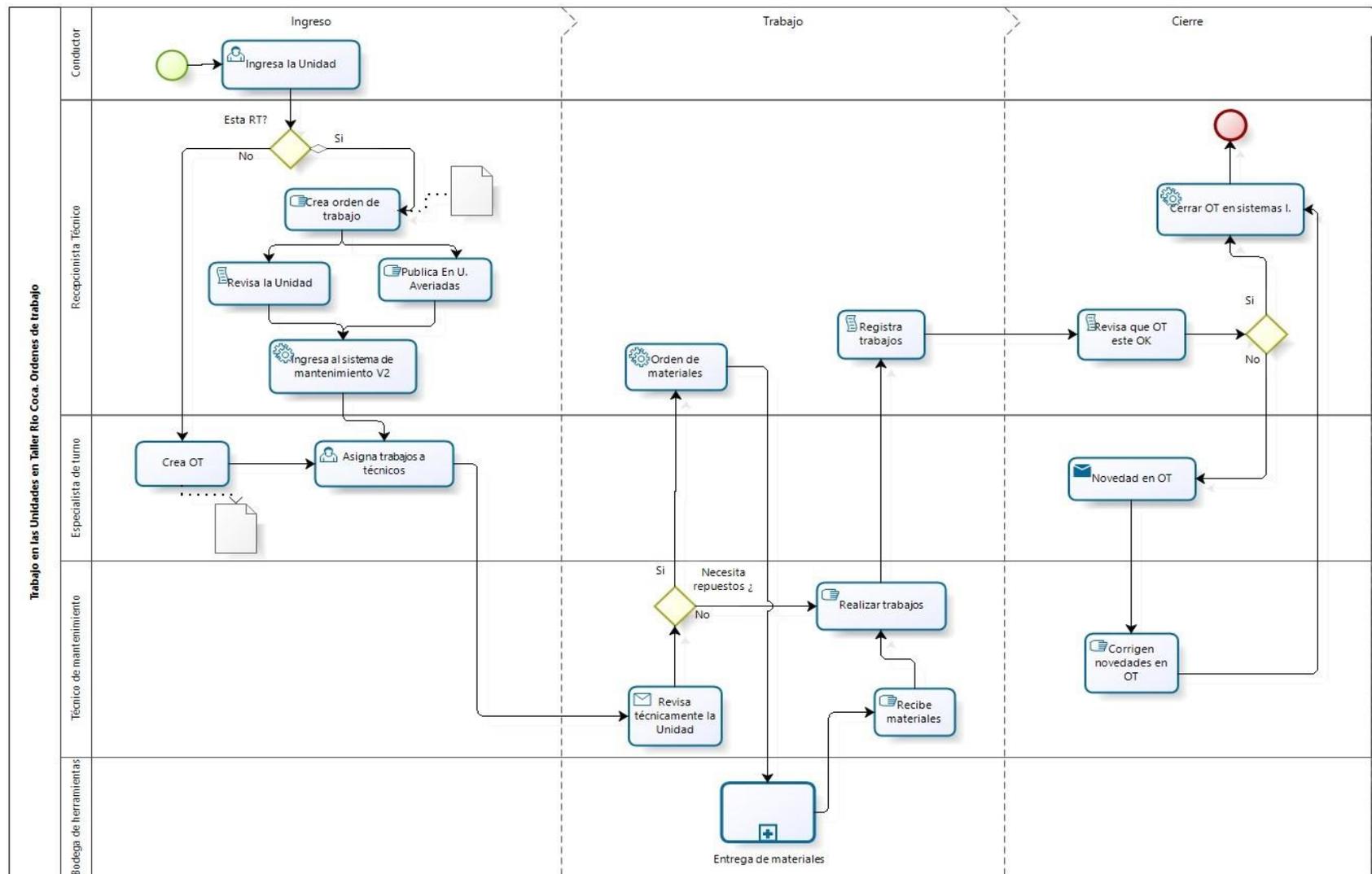
Finalmente, el encargado del sistema de mantenimiento cierra la orden de trabajo y se comunica con el departamento de operaciones para notificar que la unidad está en condiciones de operar nuevamente.

En la Figura 8, se presenta detalladamente el proceso de ingreso de las unidades al taller, junto con la identificación de los actores responsables de su mantenimiento correspondiente.

### **Indicadores de mantenimiento**

Se pueden agrupar los indicadores de mantenimiento en diferentes categorías en función de lo que miden. A continuación, se describen algunas de estas categorías y se ofrece una explicación breve para cada una de ellas:

1. ***Medio tiempo entre fallas (MTBF)***: El MTBF en el mantenimiento de vehículos se refiere al promedio de tiempo que transcurre entre dos fallas en un vehículo en particular, y es un indicador de confiabilidad que mide la capacidad del vehículo para funcionar sin sufrir fallas o averías.



**Figura 8.** Proceso de Mantenimiento de Unidades Articuladas del Trolebús.

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 9.** Tiempo entre Fallas

Nota. La figura representa el tiempo entre fallas TBF, Tomado de (Tractian, 2023).

En el ámbito del mantenimiento de vehículos, el MTBF se utiliza para evaluar la eficacia de las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo. Si el MTBF es bajo, significa que el vehículo experimenta fallas con frecuencia, lo que puede ser una señal de un mantenimiento deficiente o insuficiente. Por otro lado, si el MTBF es alto, indica que el vehículo tiene un buen desempeño y es menos probable que presente fallas.

Para calcular el MTBF en el mantenimiento de vehículos, es necesario recopilar información sobre las fallas que ha experimentado el vehículo a lo largo del tiempo, lo cual se puede lograr mediante la documentación de las tareas de mantenimiento realizadas, las reparaciones efectuadas y las fallas presentadas.

Con esta información, se puede calcular el promedio de tiempo entre cada falla y utilizarlo para establecer objetivos de mejora y hacer ajustes en las actividades de mantenimiento (Villada, 2013).

Para calcular el Medio tiempo entre fallas se puede aplicar las fórmulas siguientes:

$$MTBF = \frac{SHT}{NAMC} \quad (1)$$

Donde:

- SHT = Suma de horas Trabajadas
- NAMC = Numero de averías para el mantenimiento correctivo

$$MTBF = \frac{TTD - TI}{NA} \quad (2)$$

Donde:

- TTD = Tiempo Total Disponible
- TI = Tiempo de inactividad
- NA = Numero de averías

En la Figura 9, se presenta la medida del período entre fallos (TBF por sus siglas en inglés).

2. **Medio tiempo para reparar (MTTR):** El (MTTR) en el mantenimiento vehicular hace referencia al tiempo promedio que se requiere para reparar un vehículo después de haber presentado una falla. Este indicador es fundamental para medir la eficiencia del mantenimiento correctivo, ya que a menor MTTR, menor será el tiempo que el vehículo permanezca fuera de servicio.

En el ámbito del mantenimiento vehicular, el MTTR se utiliza para evaluar la eficacia de las tareas de reparación y para detectar oportunidades de mejora en el proceso de mantenimiento. Un MTTR elevado indica que las reparaciones tardan mucho tiempo, lo que puede impactar negativamente la disponibilidad del vehículo y generar gastos adicionales. Por el contrario, un MTTR bajo indica que las reparaciones son eficientes y que el vehículo puede regresar pronto a estar en servicio.

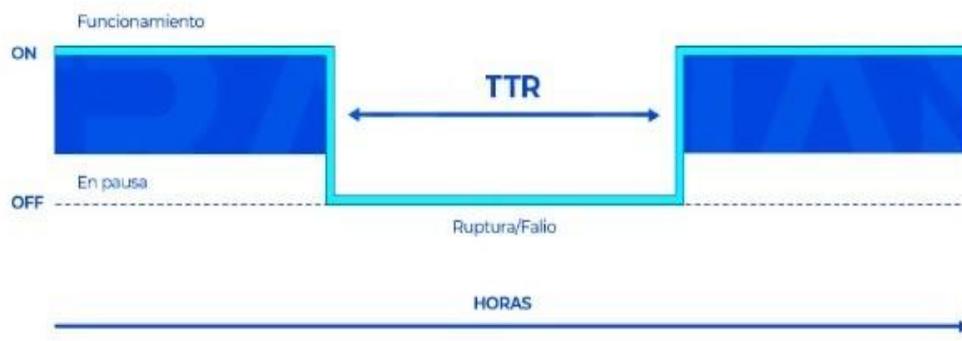
Para calcular el MTTR en el mantenimiento vehicular, se deben registrar los tiempos empleados para realizar las reparaciones de cada falla, desde el momento en que se detecta hasta que se completa la reparación. Esta información puede utilizarse para identificar patrones de fallas y mejorar los

procesos de mantenimiento, logrando reducir el tiempo de inactividad del vehículo y aumentar su disponibilidad (Grajales et al., 2006).

Para calcular el Medio tiempo para reparar se puede aplicar la formula siguiente:

$$MTTR = \frac{\text{Suma de tiempo de reparacion}}{\text{Numero de averias}} \quad (3)$$

En la Figura 10 se puede ver que es el Tiempo para reparar TTR.



**Figura 10.** Tiempo para reparar

Nota. La figura representa el tiempo entre fallas TTR, Tomado de (Tractian, 2023).

3. **Confiabilidad:** En las reparaciones se logra al identificar y solucionar las causas subyacentes de las fallas. Esto implica no solo corregir la falla en sí misma, sino también abordar cualquier problema escondido que pueda estar contribuyendo a ella. Además, es importante asegurarse de que el personal de mantenimiento tenga las habilidades y herramientas adecuadas para realizar las reparaciones de manera confiable y efectiva.

La confiabilidad en las reparaciones en el mantenimiento vehicular es un indicador fundamental de la eficacia del mantenimiento correctivo. Un proceso de reparación confiable es esencial para garantizar la seguridad y disponibilidad del vehículo, y se puede mejorar mediante la identificación y solución de las causas ocultas de las fallas, así como mediante el desarrollo de habilidades y herramientas efectivas para el mantenimiento (Grajales et al., 2006).

Para calcular la confiabilidad para reparar se puede aplicar la formula siguiente:

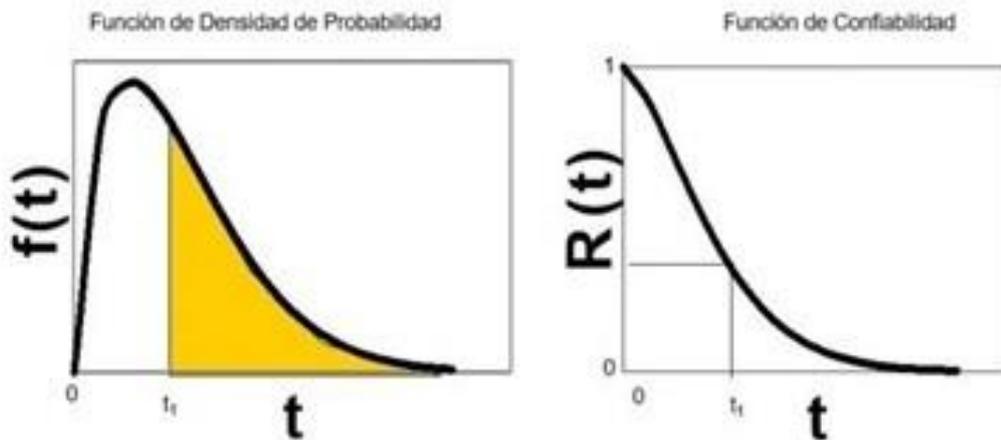
$$\text{Confiabilidad} = R(t) = e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Donde:

- $t$  = tiempo acumulado
- $\lambda$  = tasa de fracaso
- $\lambda(t) = 1/MTBF$
- $F(t)$  = probabilidad de fallar

En la Figura 11, se muestra la representación gráfica de la función de confiabilidad junto con la distribución de probabilidad.

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (5)$$



**Figura 11.** Confiabilidad .

Nota. La figura representa la confiabilidad Tomado de (Medizabal, 2023).

4. **Disponibilidad:** En los mantenimientos vehiculares hace referencia a la capacidad de los talleres mecánicos y los expertos en reparación de

vehículos para brindar servicios de mantenimiento y reparación de manera rápida y efectiva. Esto implica que los servicios de reparación estén disponibles en horarios que sean convenientes para los clientes y que los mecánicos tengan las herramientas y piezas necesarias para realizar la reparación con éxito.

La disponibilidad también conlleva que los talleres cuenten con un proceso claro y eficiente para agendar citas de mantenimiento y reparación, y que se comuniquen de manera transparente con los clientes sobre el tiempo estimado de reparación y los costos asociados. La disponibilidad es un factor importante a considerar al momento de elegir un taller de reparación de vehículos, ya que una disponibilidad limitada puede generar retrasos y molestias para los clientes (Grajales et al., 2006).

Para calcular la disponibilidad para reparar se puede aplicar la formula siguiente:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 \quad (6)$$

5. **Backlog:** El backlog en los mantenimientos vehiculares se define como una lista acumulada de reparaciones pendientes que todavía no han sido atendidas por el taller mecánico o el especialista en reparación de vehículos. Básicamente, es una lista de reparaciones que aún deben ser completadas o programadas.

Existen varias razones por las cuales se puede generar un backlog, como una alta demanda de servicios de reparación, la falta de disponibilidad de piezas o herramientas necesarias, o una falta de personal para atender la cantidad de reparaciones necesarias.

Cuando el backlog es muy grande, puede generar importantes retrasos en los tiempos de espera para los clientes, lo cual puede provocar frustración y desconfianza en el taller mecánico o especialista en reparación de vehículos.

Por ello, es fundamental que los talleres mecánicos y los especialistas en reparación de vehículos trabajen de manera eficiente para reducir el backlog y mantener los tiempos de espera al mínimo posible. Esto se puede lograr mediante la mejora de los procesos de programación de citas, la adquisición de piezas y herramientas necesarias con anticipación, la contratación de personal adicional en caso de alta demanda, y la implementación de estrategias para optimizar los tiempos de reparación.

Para calcular el Backlog para reparar se puede aplicar la formula siguiente:

$$Backlog = \frac{\sum HH \text{ registro de trabajos}}{\sum HH \text{ total horas} * \text{productividad}(\%)} * \quad (7)$$

Donde:

- HH = horas
- Registro de trabajos = Planificado + Pendiente + Programado + Ejecutado

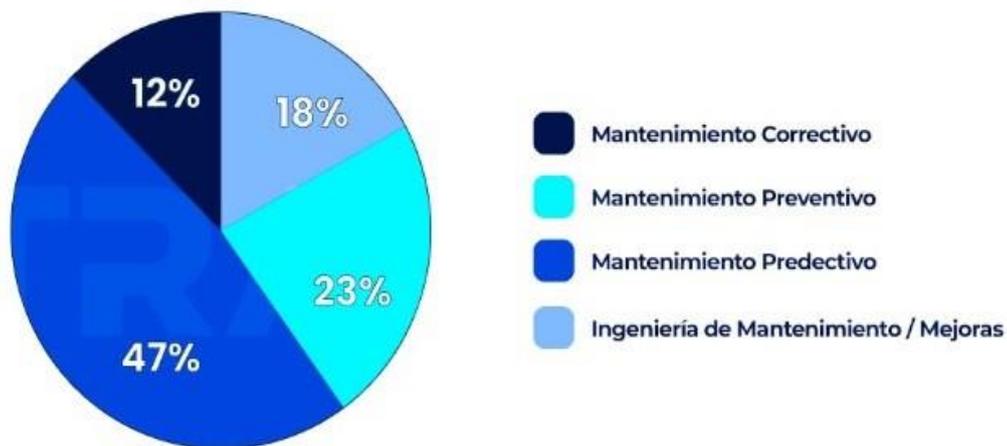
6. ***Distribución por tipos de mantenimiento:*** La distribución por tipo de mantenimiento implica asignar y clasificar las actividades de mantenimiento realizadas en una entidad específica según estas categorías. Esto proporciona una visión clara de cómo se gestionan los recursos y se abordan los diferentes aspectos de mantenimiento para garantizar la confiabilidad y eficiencia del sistema o equipo en cuestión. Al entender la distribución por tipo de mantenimiento, las organizaciones pueden optimizar sus estrategias de mantenimiento y mejorar la gestión de activos.

Se refiere a la clasificación de los servicios de mantenimiento en diferentes categorías según su naturaleza y complejidad. Esto ayuda a los talleres mecánicos y especialistas en reparación de vehículos a determinar qué tipo de mantenimiento se necesita para un vehículo específico y cuál es el enfoque adecuado para abordar los problemas de mantenimiento.

Los diferentes tipos de mantenimiento incluyen el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento predictivo. El mantenimiento preventivo implica realizar inspecciones y servicios regulares para prevenir problemas antes de que ocurran, como cambios de aceite y filtros de aire. El mantenimiento correctivo se enfoca en la reparación de problemas que ya han ocurrido, como la sustitución de piezas desgastadas o dañadas. El mantenimiento predictivo implica el uso de tecnología y herramientas para prever posibles fallos en el vehículo, lo que permite tomar medidas preventivas antes de que ocurran.

La distribución por tipos de mantenimiento es importante para los talleres mecánicos y especialistas en reparación de vehículos, ya que les ayuda a determinar qué servicios son necesarios y cómo deben abordar los problemas de mantenimiento. Esto puede ayudar a reducir los costos de mantenimiento y a mantener los vehículos en buen estado de funcionamiento, lo que puede prolongar su vida útil y mejorar su rendimiento (Tractian, 2023).

En la Figura 12 se presenta la disposición de un procedimiento de mantenimiento.



**Figura 12.** Distribución por tipos de mantenimiento

Nota. La figura representa la distribución por tipos de mantenimiento, Tomado de (Tractian, 2023).

## **Control de Calidad del Mantenimiento de unidades articuladas**

Es la aplicación de procesos y medidas para asegurar que los servicios de mantenimiento y reparaciones realizados en estos vehículos cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos.

Es fundamental realizar mantenimiento en las unidades articuladas para garantizar su seguridad y eficiencia durante su operación, ya que estas máquinas se utilizan comúnmente para transportar cargas pesadas y su correcto funcionamiento es crítico para la seguridad vial.

El control de calidad del mantenimiento de unidades articuladas implica la supervisión y seguimiento de los procesos de mantenimiento para asegurar que se realicen siguiendo las especificaciones del fabricante, así como la implementación de medidas de seguridad adicionales, como la inspección y mantenimiento de frenos, suspensión, sistema eléctrico y otros componentes importantes.

Es crucial que los talleres mecánicos y especialistas en reparación de vehículos que realicen mantenimiento en unidades articuladas sigan procedimientos y protocolos rigurosos para asegurar la seguridad y confiabilidad de estos vehículos. Además, la implementación de medidas de control de calidad puede ayudar a reducir el riesgo de fallas mecánicas y accidentes, lo que puede tener un impacto significativo en la seguridad de los conductores, pasajeros y otros usuarios de la carretera (Cordero Vargas, 2010).

### **Herramientas utilizadas en el control de calidad del mantenimiento de unidades articuladas**

- ***Lista de verificación:*** una lista de verificación detallada puede ayudar a los técnicos de mantenimiento a garantizar que se realicen todas las tareas necesarias para mantener el vehículo en buen estado de funcionamiento. La lista de verificación puede incluir elementos como inspecciones de frenos, neumáticos, suspensión, luces y otros componentes críticos;

- ***Software de gestión de mantenimiento:*** el software de gestión de mantenimiento puede ayudar a los talleres mecánicos a programar y realizar mantenimientos preventivos, llevar un registro de las reparaciones realizadas y realizar un seguimiento de los costos de mantenimiento. También puede ayudar a garantizar que se realicen las inspecciones y pruebas de seguridad necesarias;
- ***Instrumentos de medición y pruebas:*** los técnicos de mantenimiento pueden utilizar instrumentos de medición y pruebas para evaluar la condición de componentes críticos como frenos, suspensión, sistema eléctrico, entre otros. Esto puede ayudar a identificar posibles problemas antes de que ocurran y garantizar que el vehículo esté en condiciones óptimas de funcionamiento;
- ***Capacitación y certificación:*** los talleres mecánicos pueden invertir en capacitación y certificación para sus técnicos de mantenimiento. Esto puede ayudar a garantizar que los técnicos estén actualizados en las últimas técnicas y prácticas de mantenimiento, así como en los requisitos de seguridad y calidad.

Estas herramientas pueden ayudar a los talleres mecánicos y especialistas en reparación de vehículos a garantizar que las unidades articuladas estén en buenas condiciones de funcionamiento y cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos (Quintana et al., 2015).

### **Control estadístico de procesos en el mantenimiento**

Se refiere al uso de técnicas estadísticas para analizar y monitorear el desempeño de los procesos de mantenimiento en una organización. El objetivo principal es identificar y eliminar las causas de variación en el proceso de mantenimiento, para lograr una mayor eficiencia y calidad en el servicio.

El control estadístico de procesos implica la recopilación y análisis de datos de mantenimiento, incluyendo tiempos de reparación, costos, tipos de fallas, frecuencia de mantenimiento, entre otros. Estos datos se utilizan para realizar gráficas y análisis estadísticos que permiten identificar patrones y tendencias en el proceso de mantenimiento.

Las herramientas de control estadístico de procesos incluyen la carta de control, el análisis de capacidad del proceso, el análisis de correlación, el análisis de regresión y el análisis de varianza. Estas herramientas ayudan a los responsables de mantenimiento a identificar problemas en el proceso de mantenimiento y tomar medidas preventivas o correctivas para mejorar el desempeño.

El control estadístico de procesos es una herramienta valiosa para el mantenimiento porque permite a las organizaciones monitorear el desempeño de sus procesos de mantenimiento y realizar mejoras continuas en su calidad y eficiencia. Esto puede llevar a una reducción de costos, una mayor confiabilidad de los equipos y una mayor satisfacción del cliente (Quintana et al., 2015).

Las herramientas de control estadístico de procesos en el mantenimiento de vehículos articulados, se puede citar las siguientes:

- Recopilación de datos
- Lista de chequeo o verificación
- Histograma
- Diagrama Causa-Efecto
- Gráfico de Pareto
- Gráficas de control
- Diagrama de dispersión

### **Análisis del estado actual**

Se ejecutaron las etapas siguientes con el propósito de realizar el examen estadístico de las unidades articuladas, tomando como base el centro de trabajo de la compañía Trolébus, situado en Río Coca, para llevar a cabo las tareas de mantenimientos:

- ***Definir claramente el objetivo del análisis:*** el objetivo es identificar patrones de averías para mejorar la eficiencia del mantenimiento;
- ***Seleccionar cuidadosamente las variables a analizar:*** se escogieron variables como la cantidad de ingresos al taller, MTBT y MTRR;
- ***Automatizar la recopilación de datos:*** se mejoró el sistema automatizado de recopilación de datos para reducir los errores humanos y la duplicidad de información;
- ***Utilizar herramientas de limpieza de datos:*** se utilizó Power Query para la limpieza de datos;
- ***Aplicar técnicas avanzadas de análisis estadístico:*** se utilizó Minitab para el análisis estadístico, como el aprendizaje automático, para identificar patrones y tendencias de manera más precisa y eficiente;
- ***Presentar los resultados de manera clara y accesible:*** los resultados se presentarán de forma gráfica para que los encargados de la toma de decisiones puedan entender fácilmente la información y utilizarla para mejorar el mantenimiento de las unidades.

Con el propósito de examinar la condición actual de la empresa. Trolebús EPQ en el momento de la realización de esta tesis, se han presentado algunos indicadores de mantenimiento. Para ello, se ha utilizado la información de mantenimiento de las unidades articuladas de la marca Mercedes, modelo MB-500, desde el 01-08-2018 hasta el 12-10-2022, la cual se ha depurado para su posterior análisis y presentación de resultados. En total, se dispone de datos de mantenimiento de 40 unidades articuladas. A continuación, se muestran los indicadores de mantenimiento correspondientes al taller de la Rio Coca.

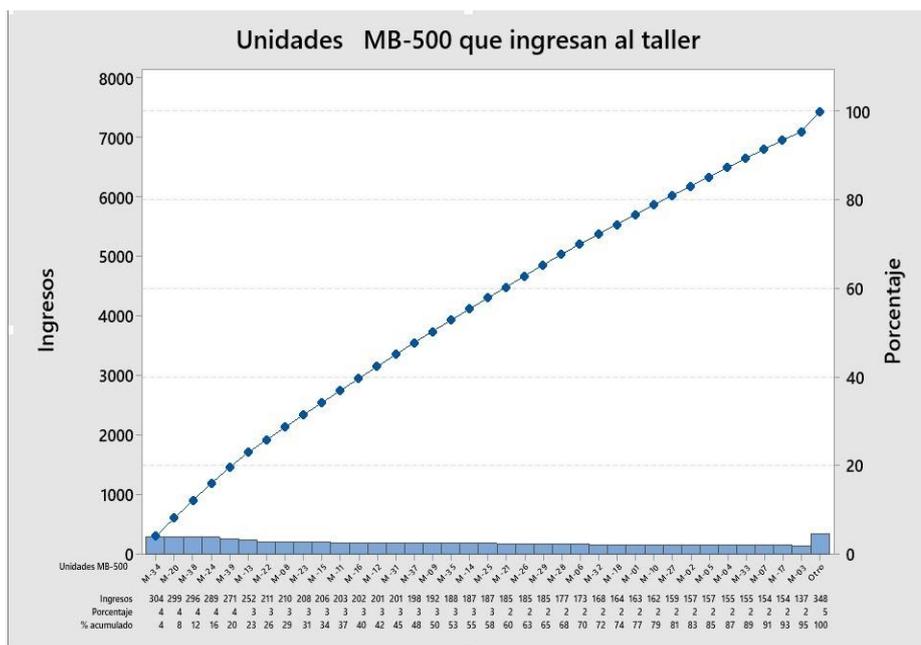
### **Ingreso de unidades al taller**

El ingreso de unidades articuladas al taller de mantenimiento es un proceso crucial en la gestión eficiente de flotas de vehículos, especialmente en sectores como el transporte público o la logística. Estas unidades, que suelen ser vehículos de gran

envergadura y complejidad, requieren atención especializada para garantizar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil.

Durante este proceso, se registran detalles sobre el vehículo, como su marca, modelo, año y problemas específicos que requieren atención. Además, se puede documentar la información (OT. orden de trabajo) (Ver Anexo 1) un número de registro o seguimiento al vehículo. Este proceso es fundamental para organizar el trabajo en el taller, programar las reparaciones y llevar un registro adecuado de los servicios realizados en cada unidad.

Para generar los gráficos principales de control de calidad, se utilizó la base de datos en formato Excel de la empresa TROLEBÚS, obtenida de los talleres, abarcando el período desde agosto de 2018 hasta octubre de 2023 (Ver Anexo 2).



**Figura 13.** Ingreso de Unidades MB – 500 al Taller de Río Coca del Trolebús .  
 Nota. En la figura, el eje X representa la cantidad de ingresos al taller, mientras que en el eje Y se muestra la unidad.

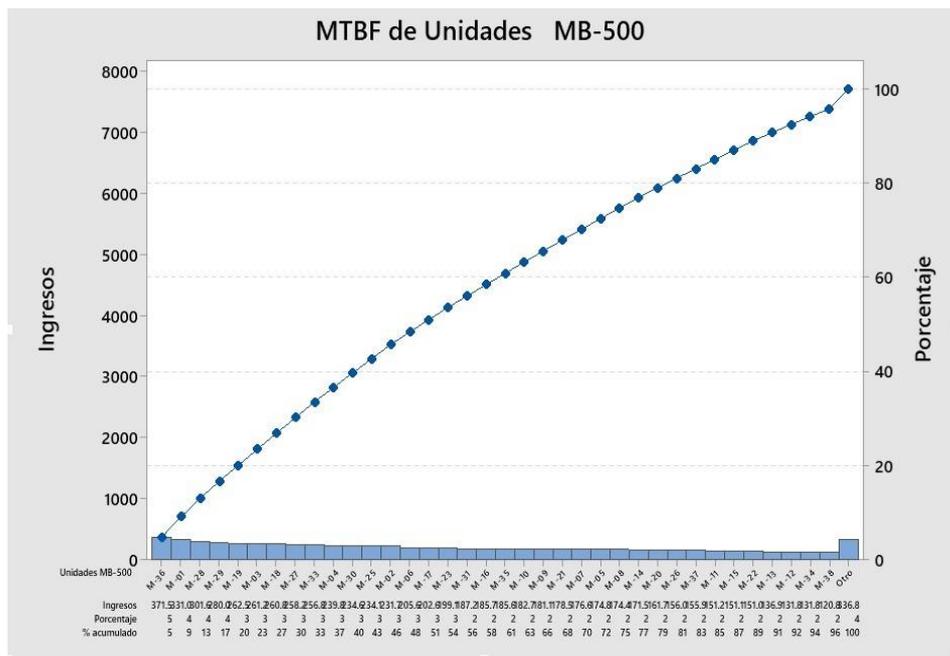
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

En la Figura 13, se puede observar que es necesario realizar una estratificación de las unidades M-34, M-20, M-38, M-24 y M-29 para identificar la causa real del exceso de ingresos al taller y así proceder con el correspondiente mantenimiento

correctivo.

### Medio tiempo entre fallas MTBF

El Medio Tiempo Entre Fallas (MTBF) es un indicador fundamental en la gestión de mantenimiento que representa el promedio de tiempo que transcurre entre dos fallas consecutivas de un sistema o equipo. Este parámetro es esencial para evaluar la confiabilidad de un sistema y planificar estrategias de mantenimiento preventivo. Un MTBF más alto sugiere una mayor confiabilidad, ya que implica que el sistema tiende a operar durante períodos más prolongados sin experimentar fallas. La medición y análisis del MTBF son prácticas comunes en diversos sectores, desde la industria manufacturera hasta la tecnología, permitiendo a las organizaciones anticipar y abordar de manera proactiva los posibles problemas que puedan surgir en sus equipos.



**Figura 14.** MTBF de Unidades MB-500 .

Nota. En la figura, el eje X representa el MTBF, mientras que en el eje Y se muestra la unidad.

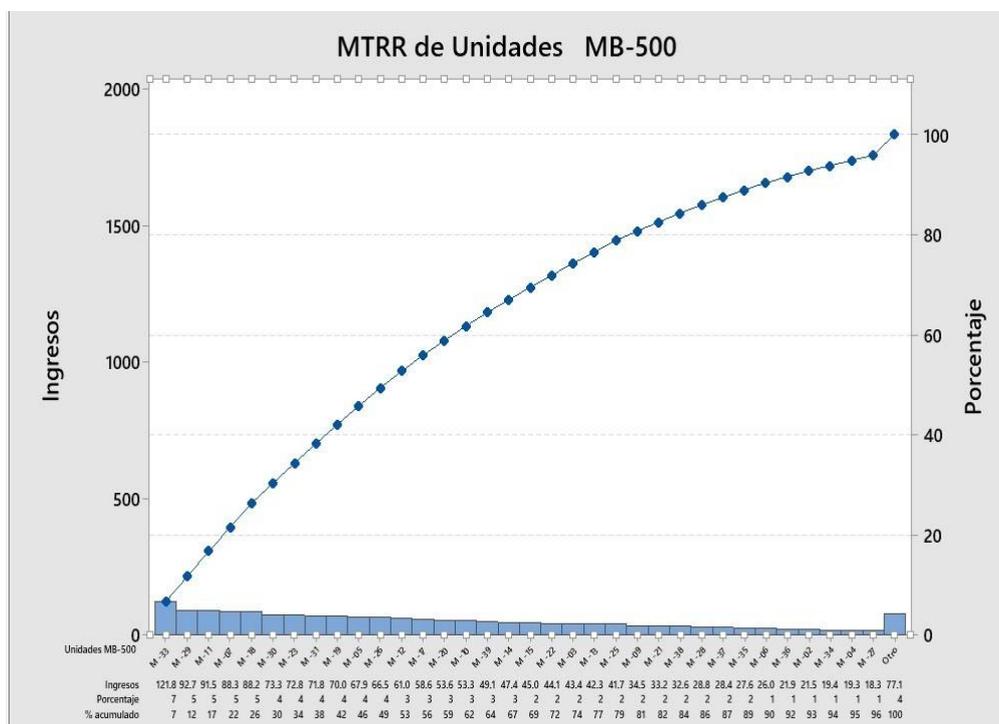
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

En la Figura 14, se observa que las unidades M-36, M-01, M-28, M-29 y M-19 tienen un MTBF muy alto en comparación con las demás unidades. Para identificar la causa raíz de este patrón, se recomienda realizar una estratificación de estas

unidades y analizarlas en detalle. Una vez identificada la causa, se puede aplicar este conocimiento a las demás unidades para mejorar su MTBF.

### Medio tiempo para reparar MTRR

Se requiere optimizar el tiempo de reparación de las unidades M-33, M-29, M-11, M-07 y M-18, las cuales presentan un MTRR elevado en comparación con el resto de las unidades, como se puede observar en la Figura 15. Para lograr este objetivo,



**Figura 15.** MTRR de Unidades MB-500 .

Nota. En la figura, el eje X representa el MTRR, mientras que en el eje Y se muestra la unidad.

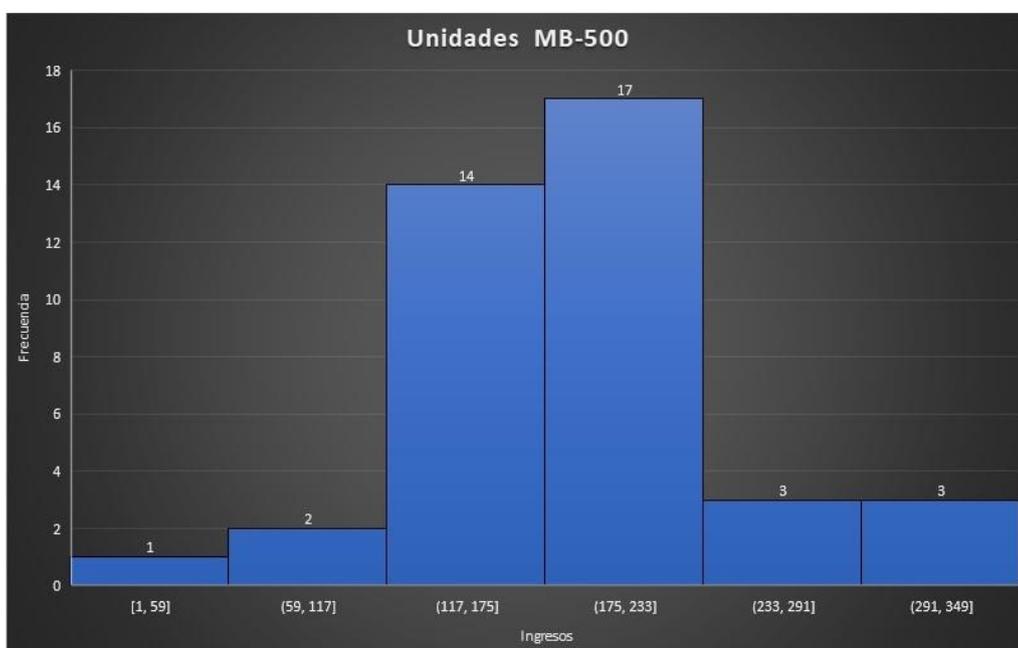
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

es necesario identificar la causa raíz que está generando este elevado tiempo de mantenimiento preventivo en dichas unidades, con el fin de proceder a reducir su tiempo de reparación.

### Histograma

El histograma es útil para comprender la forma y patrón de la distribución de datos, identificar concentraciones o sesgos, y revelar tendencias o características destacadas en los datos. Puede proporcionar información sobre la dispersión de los valores y la presencia de valores atípicos (Mendenhall et al., 1997).

En la Figura 16 se observa que hay 17 unidades que tienen ingresos dentro del intervalo (125, 233] y otras 14 unidades que tienen ingresos en el intervalo (117, 175]. Por lo tanto, sería necesario realizar un análisis exhaustivo de estas unidades para identificar la causa de sus ingresos frecuentes a talleres y, posteriormente, buscar una solución a los problemas que presentan.



**Figura 16.** Histograma Unidades MB-500 .

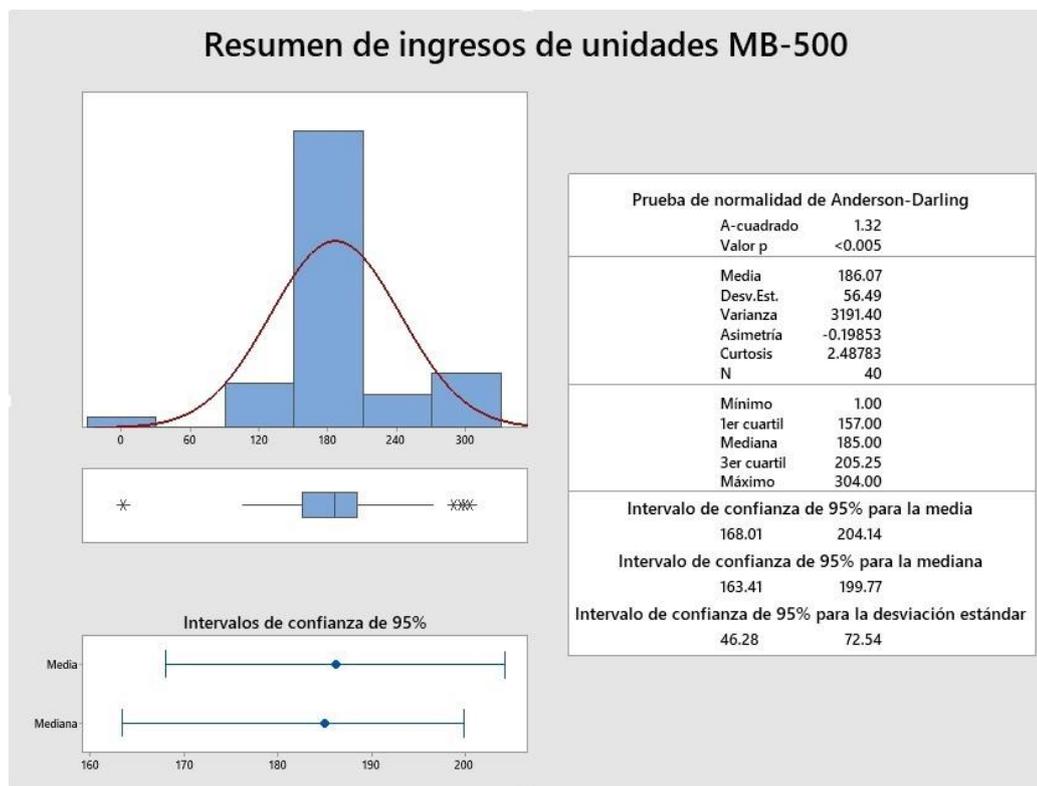
Nota. En la figura, el eje X representa la frecuencia, mientras que el eje Y muestra los intervalos.

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

Un resumen estadístico es una síntesis concisa de los principales aspectos numéricos y características de un conjunto de datos. En lugar de presentar todos los valores individuales, un resumen estadístico resume la información esencial, como medidas de tendencia central (como la media o la mediana), medidas de dispersión (como la desviación estándar o el rango Inter cuartil), y posiblemente información sobre la distribución de los datos, valores atípicos y otras propiedades relevantes.

El objetivo del resumen estadístico es proporcionar una visión general rápida y comprensible de un conjunto de datos para ayudar en el análisis y la toma de decisiones (Mendenhall et al., 1997).

La Figura 17 muestra un resumen estadístico del ingreso de unidades articuladas al taller de la Rio Coca. Estos datos son valiosos para que los responsables del taller puedan comprender el flujo de trabajo y planificar adecuadamente la capacidad para satisfacer las necesidades de los clientes. Asimismo, el análisis estadístico puede revelar patrones o tendencias en los ingresos, lo que podría ser útil para mejorar los procesos de mantenimiento y reparación.



**Figura 17.** Resumen de ingresos Unidades MB-500  
 Nota. La figura representa el un resumen estadístico de las unidades MB-500.  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### Diagrama Causa-Efecto

El diagrama de causa y efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de Ishikawa, es una herramienta gráfica utilizada para identificar y visualizar las posibles causas de un problema o efecto específico. Se representa mediante una espina de pescado en la que el problema o efecto se coloca en el extremo derecho y las causas potenciales se ramifican hacia la izquierda en forma de espinas.

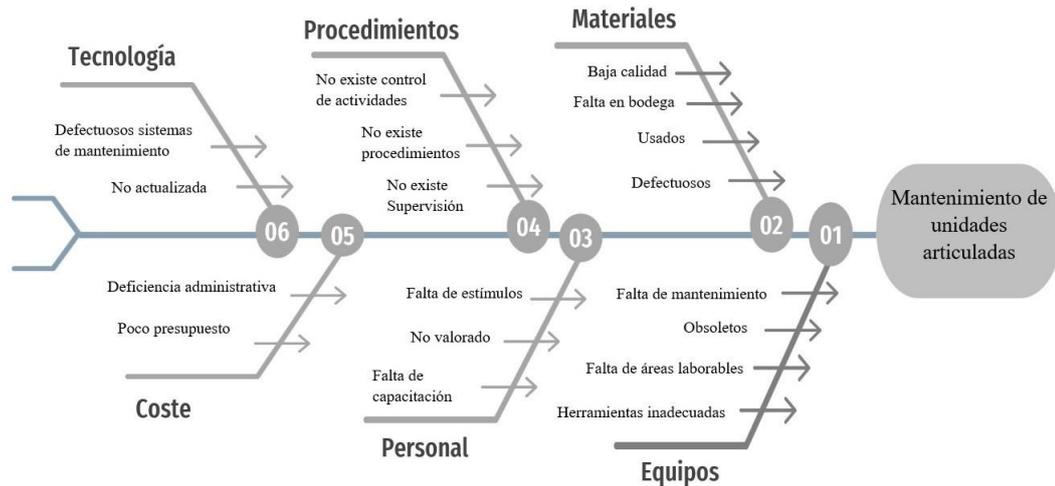
El diagrama toma la forma de un espinazo de pescado, donde la columna vertebral representa el problema o efecto que se está analizando. A lo largo de la columna vertebral se dibujan líneas horizontales que representan las categorías generales de posibles causas. Estas categorías suelen incluir:

- Personal: Factores relacionados con las personas involucradas en el proceso.
- Proceso: Elementos del proceso que podrían contribuir al problema.
- Equipo: Factores relacionados con las herramientas y equipos utilizados.
- Materiales: Factores relacionados con los materiales utilizados en el proceso.
- Métodos: Procedimientos o métodos utilizados en el proceso.

El objetivo del diagrama de causa y efecto es facilitar el análisis de las posibles fuentes del problema y fomentar la colaboración entre miembros de un equipo para identificar las causas subyacentes. Esto ayuda a abordar las raíces del problema en lugar de simplemente tratar los síntomas. El proceso de construcción y discusión del diagrama también promueve la comprensión colectiva y la participación en la solución de problemas.

Para construir el diagrama, se parte de una línea central que representa el problema que se está investigando y a partir de ella, se agregan varias espinas que representan diferentes categorías de posibles causas. A su vez, se añaden subcategorías más detalladas a cada espina que representan causas más específicas dentro de cada categoría. En la Figura 18 se muestra el diagrama.

Los encargados del taller tienen la capacidad de emplear este esquema con el propósito de detectar las causas fundamentales del problema y ejecutar acciones para solucionarlo. Al entender las causas subyacentes del problema, se puede establecer un plan de mantenimiento de mayor eficacia y evitar inconvenientes futuros en las unidades articuladas.

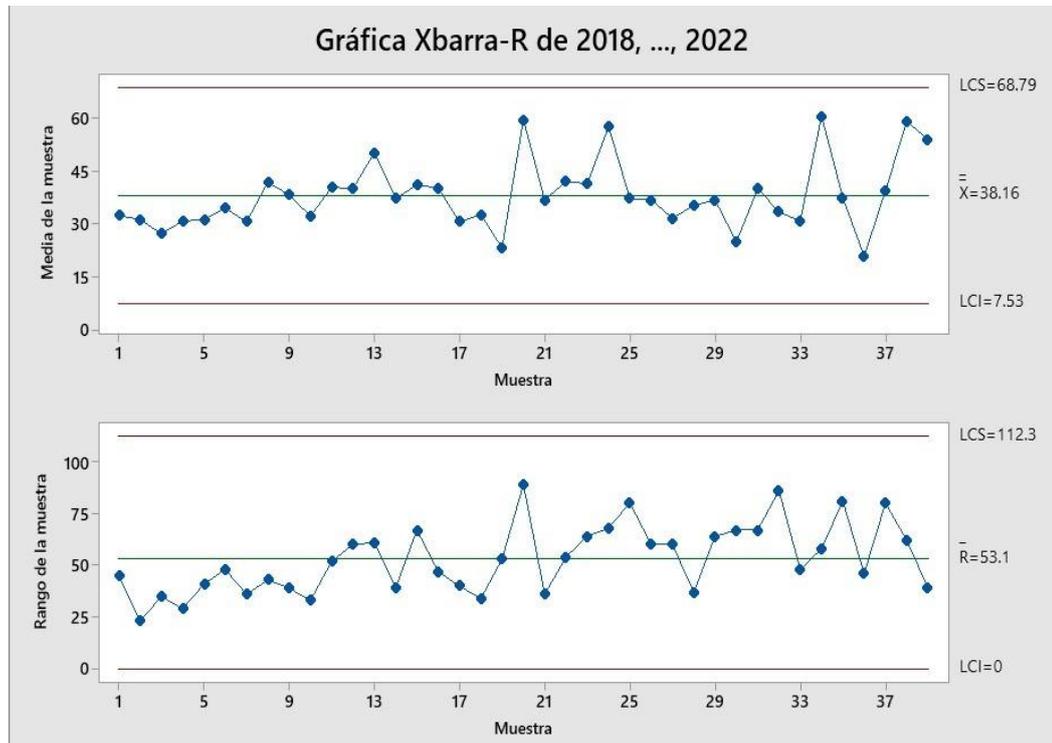


**Figura 18.** Diagrama Causa - Efecto (Ingresos Unidades MB-500)  
 Nota. La figura representa el diagrama causa-efecto de las unidades MB-500.  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### Graficas de control

Los diagramas de control son una herramienta gráfica que se utiliza para visualizar y representar el proceso de producción y los elementos que forman parte del mismo. Estos diagramas se emplean para controlar y mejorar los procesos industriales, identificando los puntos débiles y optimizando la producción. La aplicación de los diagramas de control podría ser muy beneficiosa para el mantenimiento de las unidades articuladas. Por ejemplo, se podrían utilizar los diagramas de control para identificar los puntos críticos de las unidades, aquellos que necesitan un mantenimiento preventivo con mayor frecuencia. Los diagramas de control pueden contribuir a mejorar la calidad del mantenimiento, ya que permiten identificar las causas raíz de los problemas y tomar medidas para corregirlos.

El objetivo principal de las gráficas de control es monitorear y mantener bajo control un proceso a lo largo del tiempo. Estas gráficas, también conocidas como cartas de control, se utilizan en la gestión de la calidad y en la mejora continua para garantizar que un proceso se mantenga dentro de límites aceptables y predecibles

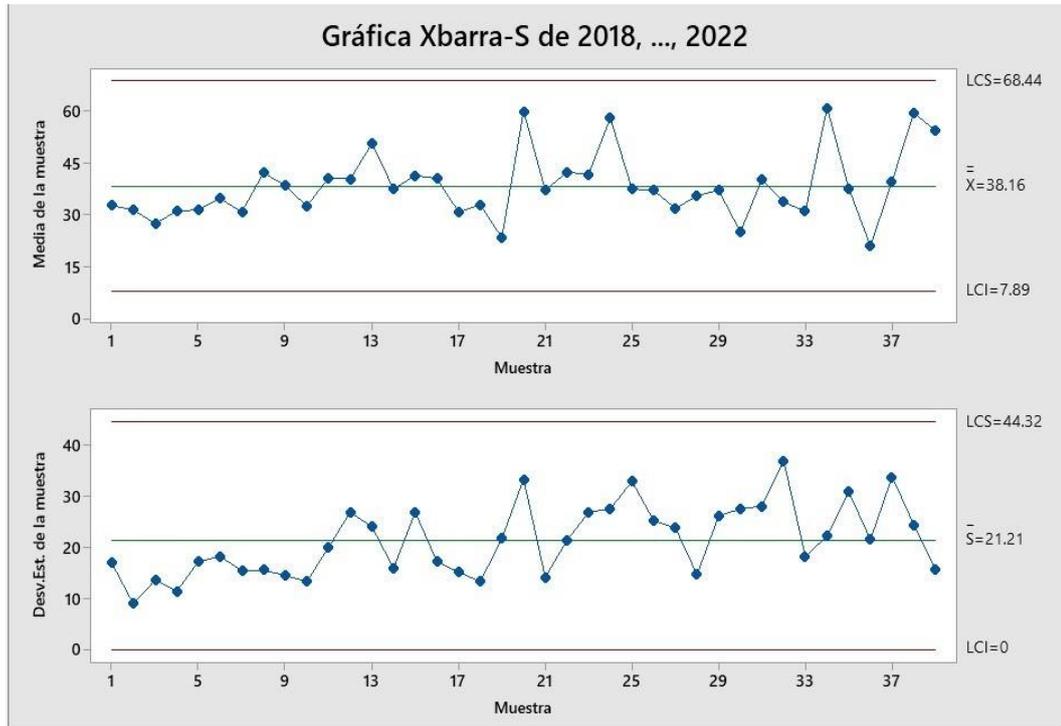


**Figura 19.** Xbarra-R 2018 al 2022 .

Nota. En la figura, el eje X representa la media, rango de la muestra, mientras que en el eje Y se tiene la muestra.

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

De esta manera, se pueden reducir los tiempos de parada de las unidades y mejorar la eficiencia del servicio de transporte. Los gráficos de control nos permiten determinar si los ingresos de las unidades articuladas en los talleres están bajo control estadístico o no. En la Figura 19 X barra-R (Medias y Rangos) y la Figura 2.20 X barra-S (Medias y Desviación), se puede observar que no existe un control estadístico normal o estable. Por lo tanto, los especialistas de mantenimiento de la empresa Trolebús del taller Río Coca deben investigar las causas del comportamiento errático de las unidades. Las unidades M-34, M-20, M-38, M-24, M-39 y M-13 presentan puntos críticos que deben ser atendidos para determinar sus causas y buscar soluciones para su correcto funcionamiento.



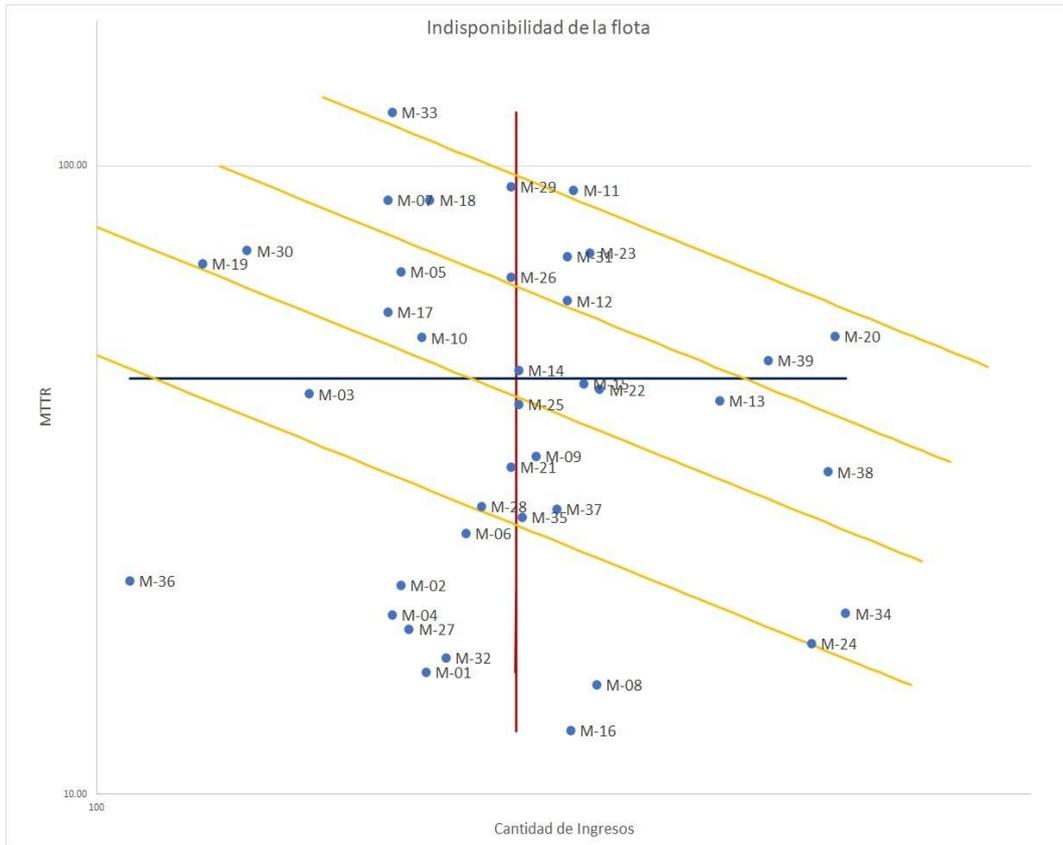
**Figura 20.** Xbarra-S 2018 al 2022 .

Nota. En la figura, el eje X representa la media, rango de la muestra, mientras que en el eje Y se tiene la muestra.

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### Diagrama de dispersión

El diagrama de dispersión es una herramienta gráfica de análisis que se emplea para examinar la interacción entre dos variables y su correlación. En este caso, se utilizan dos variables, como la cantidad de ingresos a talleres y la frecuencia de tiempo parcial, para estudiar su relación mutua. Además, esta herramienta facilita la detección de patrones y tendencias en el desempeño de las unidades, lo que puede resultar beneficioso para mejorar el mantenimiento y extender la durabilidad de las unidades articuladas.



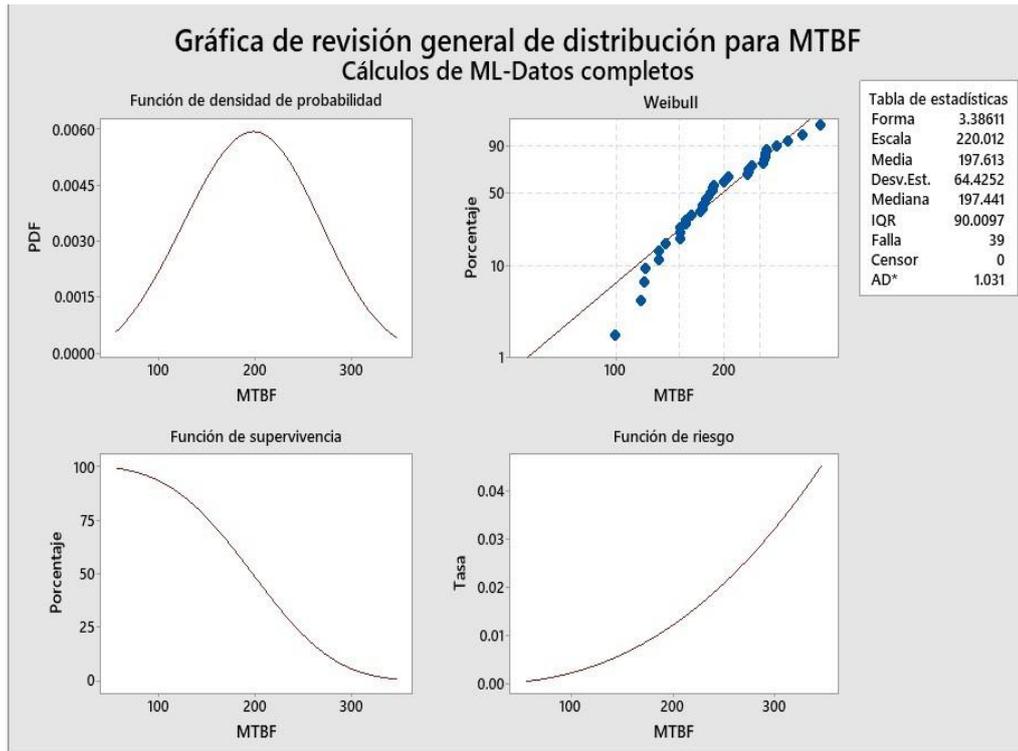
**Figura 21.** Unidades MB-500

Nota. En la figura, el eje X representa MTTR, mientras que en el eje Y se muestra la cantidad de ingresos.

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### Diagrama de confiabilidad

La confiabilidad (Figura 22) en el mantenimiento de unidades articuladas del taller de la Rio Coca de la empresa Trolebús se refiere a la capacidad de dichas unidades para funcionar correctamente y de manera segura durante el tiempo de operación previsto, sin fallas o interrupciones inesperadas. Esta confiabilidad se logra a través de un mantenimiento preventivo regular y una atención inmediata y eficiente a cualquier problema que pueda surgir durante el uso diario de las unidades. Además, la confiabilidad también implica la garantía de la calidad de los repuestos y piezas utilizadas en el mantenimiento de las unidades para garantizar su durabilidad y fiabilidad en el tiempo.



**Figura 22:** Confiabilidad MB-500 .

Nota. El la figura se tiene una de la distribución para MTBF.

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

Durante las entrevistas con los técnicos de la empresa TROLEBÚS EPQ, se hizo referencia a la falta de definición en los procesos de mantenimiento, la escasa motivación para realizar las tareas de mantenimiento, la deficiencia en la disponibilidad de repuestos y la selección del personal para ascensos basada en decisiones de las autoridades en lugar de un concurso de méritos, como correspondería. Estos y otros factores impactan negativamente en el cumplimiento del mantenimiento de las unidades articuladas. A continuación, se presentan algunos indicadores de mantenimiento para un período de 1533 días, obtenidos de la base de datos suministrada por la empresa Trolebús EPQ, correspondientes a las unidades MB-500 en el Taller Río Coca.

- Cada unidad ingresa al taller de 2 a 3 veces al mes para realizar algún tipo de mantenimiento;
- El MTBF (tiempo entre fallas) es un indicador de confiabilidad que mide el tiempo transcurrido entre dos fallas consecutivas en un sistema o equipo. En

el caso de las unidades MB-500, actualmente el MTBF promedio es de 29 días;

- El MTTR (tiempo medio para reparar) es un indicador que mide el tiempo promedio necesario para reparar un equipo o sistema después de una falla, desde que se detecta la falla hasta que el equipo o sistema vuelve a estar en funcionamiento. En el taller de la Rio Coca, en el caso de las unidades MB500, actualmente el MTTR es de 3 días en promedio;
- La confiabilidad en el mantenimiento se refiere a la capacidad de un equipo o sistema para mantenerse en operación durante el tiempo previsto sin experimentar fallas o interrupciones significativas. En otras palabras, se trata de la capacidad del equipo o sistema para cumplir con su función de manera constante y predecible a lo largo del tiempo, sin necesidad de reparaciones frecuentes ni costosas. En el caso de las unidades MB-500 del Taller Rio Coca, actualmente se cuenta con un nivel de confiabilidad del 80.46%, lo que lo convierte en un factor crítico en la planificación y gestión del mantenimiento, ya que puede afectar directamente la productividad y rentabilidad de la empresa;
- La disponibilidad en mantenimiento es un indicador importante que mide el tiempo en el que un equipo o sistema está en condiciones de funcionamiento y listo para realizar su función, considerando tanto el tiempo disponible para su uso como el tiempo en el que está fuera de servicio por mantenimiento o reparaciones. En otras palabras, la disponibilidad en mantenimiento es una medida clave de la capacidad del equipo o sistema para estar operativo y listo para su uso en el momento requerido, y se utiliza para evaluar la eficacia de las estrategias de mantenimiento y la capacidad de la empresa para cumplir con sus objetivos de producción y servicio. En el caso específico de las unidades MB-500 del Taller Río Coca, su disponibilidad en mantenimiento es del 83,9%.

## Área de estudio

El área de estudio proporciona un marco dentro del cual se recopilan datos, se realizan observaciones y se extraen conclusiones con el objetivo de comprender mejor un tema o resolver un problema particular en esa área específica.

**Tabla 8.** Determinación del área de estudio .

Área de estudio	Delimitación del objetivo de estudio
Dominio	Tecnología, sociedad y hábitat sostenible
Línea de investigación	Sistemas industriales
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Producción
Aspecto	Implantación informática
Objeto de estudio	Diseño de un sistema Informático de mantenimiento
Periodo	2023

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

El diseño del modelo operativo para implementar un sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas El desarrollo del modelo operativo es un proceso estratégico mediante el cual una organización crea un marco de trabajo detallado que define y estructura la manera en que se llevan a cabo sus operaciones y actividades. Este modelo sirve como una guía integral que abarca desde la planificación hasta la ejecución, estableciendo protocolos, procesos y roles específicos para cada aspecto del funcionamiento organizacional.

El objetivo del diseño del modelo operativo para implementar un sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas es establecer una estructura organizativa y funcional eficiente que respalde la implementación y el funcionamiento efectivo del sistema informático

El desarrollo del modelo operativo implica una cuidadosa evaluación de las necesidades y objetivos de la organización, así como la identificación de las mejores prácticas y procesos eficientes. Este enfoque puede aplicarse en diversos contextos, como la gestión de proyectos, la entrega de servicios, la producción, entre otros. Al definir claramente cómo se deben realizar las operaciones, el modelo operativo busca mejorar la eficiencia, reducir riesgos y proporcionar una estructura sólida para el crecimiento y la adaptabilidad a cambios en el entorno empresarial.

En conjunto, el diseño del modelo operativo busca crear un marco organizativo y funcional que facilite la implementación exitosa del sistema informático, promoviendo la eficiencia, la eficacia y la mejora continua en el mantenimiento de unidades articuladas.

Un "modelo operativo para el mantenimiento de unidades articuladas" se refiere a un conjunto de estrategias, procesos y procedimientos diseñados específicamente para gestionar y mantener de manera eficiente y efectiva las unidades articuladas. Este modelo operativo se centra en la gestión del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de estas unidades para garantizar su óptimo funcionamiento y prolongar su vida útil (Quinn, 1994).

Modelo operativo para el mantenimiento de unidades articuladas En la Figura 23 se encuentra el Modelo operativo de mantenimiento.

### ***1. Planificación del mantenimiento***

Establecer objetivos, metas y un programa de mantenimiento integral para las unidades articuladas, identificando los recursos necesarios y elaborando un calendario de actividades.

### ***2. Inspección y monitoreo***

Realizar inspecciones regulares y utilizar técnicas de monitoreo para obtener información en tiempo real, registrando y analizando los datos obtenidos.

**3. *Mantenimiento preventivo***

Realizar tareas de mantenimiento periódicas, incluyendo el cambio de aceites, filtros y otros componentes siguiendo las recomendaciones del fabricante.

**4. *Mantenimiento correctivo***

Atender y solucionar las averías y problemas detectados durante las inspecciones y el monitoreo, aplicando técnicas y procedimientos apropiados de diagnóstico y reparación en las unidades articuladas.

**5. *Gestión de repuestos y suministros***

Gestionar el inventario, pedidos, compras, almacenamiento y distribución de repuestos y suministros necesarios para el mantenimiento de las unidades articuladas, asegurando el cumplimiento de las necesidades y el presupuesto establecido.

**6. *Capacitación y desarrollo del personal***

Brindar capacitación adecuada, actualización continua de conocimientos técnicos y habilidades, y promover un ambiente laboral seguro para el personal encargado del mantenimiento de las unidades articuladas, fomentando una cultura de mantenimiento preventivo.

**7. *Mejora continua***

Realizar una evaluación continua del rendimiento del modelo operativo, identificando oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento y aplicando acciones correctivas según sea necesario.



**Figura 23.** Modelo operativo de mantenimiento

Nota. La figura representa un modelo operativo de la empresa Trolebús EPQ,

**Realizado por** Ney, Zambrano (2023).

## **Modelo operativo para desarrollar un sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas**

El modelo operativo para el desarrollo de un sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas es un enfoque estratégico que establece la estructura y los procesos necesarios para la creación eficiente y efectiva de un software dedicado a la gestión de mantenimiento de vehículos de gran envergadura, como los autobuses articulados.

Este modelo implica una cuidadosa planificación que abarca desde la identificación de requisitos específicos del sistema hasta la implementación y el mantenimiento continuo. Incluye fases como el análisis de necesidades, diseño de software, desarrollo de aplicaciones, pruebas y despliegue. Además, considera aspectos clave como la integración con sistemas existentes, la usabilidad, la seguridad de datos y la capacitación del personal.

El objetivo fundamental del modelo operativo es optimizar la eficiencia del mantenimiento de unidades articuladas a través de la implementación de una solución informática que simplifique y mejore la gestión de datos, planificación de mantenimiento, seguimiento de reparaciones y la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la flota de vehículos articulados.

En la Figura 24 se encuentra el Modelo operativo de un sistema informático

### ***1. Análisis de requisitos***

Identificar, definir y determinar las necesidades, requisitos, objetivos, metas, funciones y características del sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas para cumplir con los requisitos establecidos.

### ***2. Diseño del sistema***

Diseñar la arquitectura del sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas, que incluya la estructura de la base de datos y la interfaz de usuario, definir los módulos y componentes del sistema (gestión de activos, programación de mantenimiento, registro de incidencias, etc

**3. *Desarrollo del sistema***

Desarrollar e implementar el sistema informático siguiendo las especificaciones y diseño establecido, incluyendo las funcionalidades y módulos necesarios utilizando lenguajes de programación y herramientas adecuadas, y realizar pruebas exhaustivas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema y corregir posibles errores.

**4. *Implementación y puesta en marcha***

Instalar, configurar y personalizar el sistema informático en los equipos y servidores necesarios, de acuerdo con los requerimientos específicos de las unidades articuladas, y proporcionar capacitación al personal encargado del uso y gestión del sistema.

**5. *Operación y mantenimiento***

Garantizar el funcionamiento continuo del sistema informático mediante tareas de mantenimiento y actualizaciones, supervisando y gestionando la base de datos para garantizar la integridad y seguridad de la información, y brindar soporte técnico para resolver incidencias o problemas que puedan surgir.

**6. *Evaluación y mejora continua***

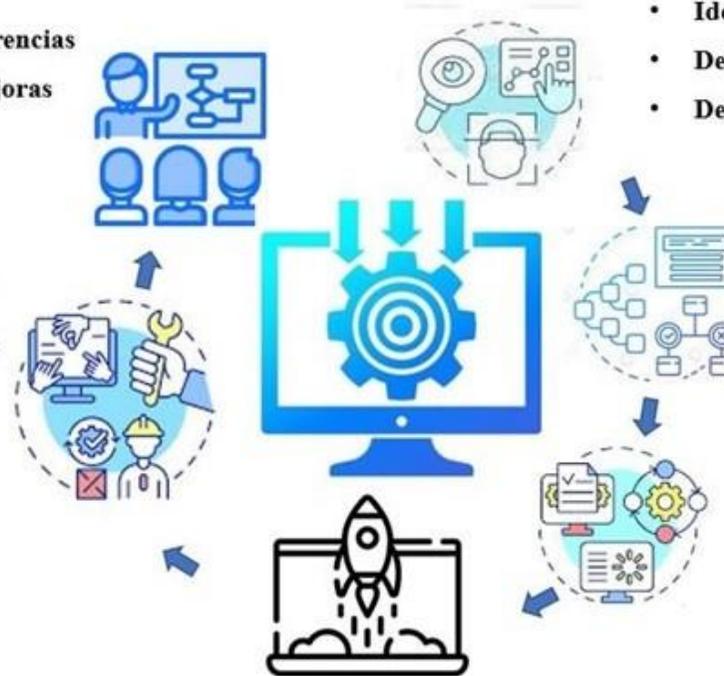
Evaluar regularmente el rendimiento y la eficacia del sistema en el mantenimiento de las unidades articuladas, recopilando comentarios y sugerencias de los usuarios para identificar oportunidades de mejora, y realizar actualizaciones y mejoras en el sistema para optimizar su funcionalidad y adaptarlo a las necesidades cambiantes.

## 6. Evaluación y mejora continua

- Evaluar regularmente
- Recopilar comentarios, sugerencias
- Realizar actualizaciones, mejoras

## 5. Operación y mantenimiento

- Garantizar el funcionamiento
- Supervisar la base de datos
- Brindar soporte técnico



## 4. Implementación y puesta en marcha

- Instalar sistema informático
- Configurar y personalizar
- Capacitar al personal

## 1. Análisis de requisitos

- Identificar necesidades
- Definir los objetivos
- Determinar funciones

## 2. Diseño del sistema

- Diseñar la arquitectura
- Definir los módulos
- Establecer los flujos

## 3. Desarrollo del sistema

- Desarrollar el sistema informático
- Implementar las funcionalidades
- Realizar pruebas exhaustivas



**Figura 24.** Modelo operativo de un sistema informático.

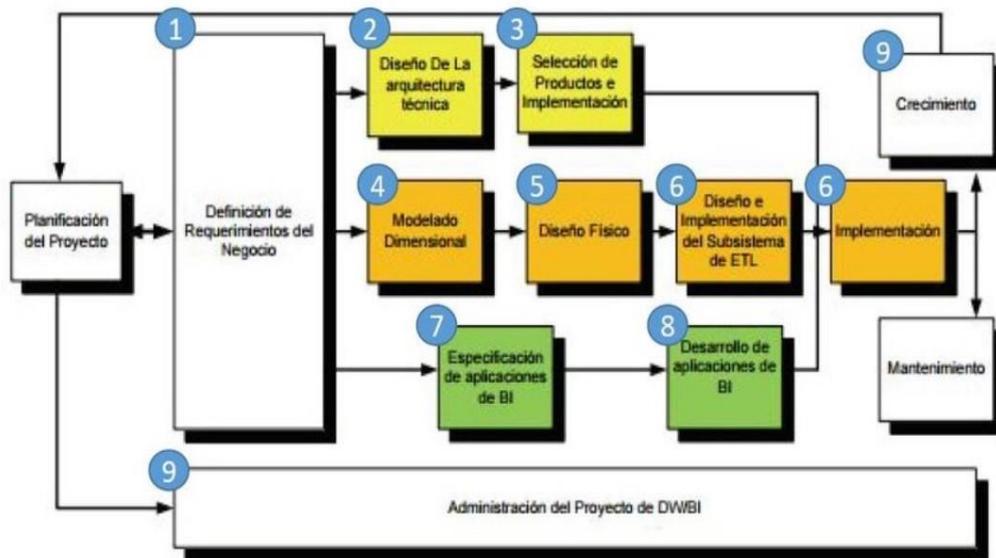
Nota. El gráfico representa un modelo informático de la empresa Trolebús EPQ,

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

## CAPITULO III PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

### Presentación de la propuesta

La empresa de transporte metropolitana de pasajeros de Quito cuenta con una gran cantidad de información obtenida de los mantenimientos de sus unidades articuladas en sus talleres. Por lo tanto, se dispone de una colección de datos orientada a los procesos de mantenimiento de las unidades. Para el desarrollo del proyecto, se utilizará la Metodología Kimball (Figura 25).



**Figura 25.** Metodología Kimball

Nota. La figura representa la metodología de Kimball. Tomado de (Forero-Castaneda and Sánchez-García, 2021).

### El ciclo de vida de Kimball

El ciclo de vida de Kimball es una metodología utilizada para el diseño y desarrollo de almacenes de datos. Este ciclo de vida consta de las siguientes etapas:

1. **Planificación del Proyecto:** El objetivo de este proyecto es optimizar la planificación del mismo. Para ello, se debe explicar el propósito del proyecto a las autoridades de la organización, identificar su alcance, las tareas que se deben realizar, el uso de los recursos disponibles, los tiempos

necesarios para cada tarea, las secuencias en que deben llevarse a cabo y los objetivos específicos que se desean alcanzar.

Una vez se haya completado este proceso, se debe elaborar un documento que recoja todos los aspectos relacionados con la planificación del proyecto. Este documento debe ser detallado y preciso para asegurar que todas las partes involucradas comprendan el proyecto en su totalidad y estén alineadas con los objetivos del mismo.

En resumen, la optimización de la planificación del proyecto implica una planificación rigurosa y detallada, así como una comunicación efectiva con todas las partes interesadas para garantizar el éxito del proyecto.

2. ***Definición de los requerimientos del negocio:*** Para la definición de los requerimientos del negocio, es necesario realizar entrevistas al personal técnico de mantenimiento, incluyendo a los coordinadores, especialistas, técnicos y asistentes. El objetivo de estas entrevistas es comprender los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo en la empresa, los clientes a los que se brinda el servicio y los posibles informes que se deben generar.

Con base en la información recopilada durante las entrevistas, se debe realizar un análisis FODA para identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del negocio en relación con los requerimientos identificados. Esto permitirá definir con mayor precisión los requerimientos del negocio y determinar cómo estos pueden ser abordados de manera efectiva.

Es importante tener en cuenta que la optimización de la definición de los requerimientos del negocio implica la participación activa de todo el equipo involucrado en el proyecto y una comunicación clara y efectiva en todas las etapas del proceso. De esta manera, se garantiza que los requerimientos se

definan correctamente y que se puedan satisfacer las necesidades del negocio de manera eficiente y efectiva.

3. **Modelo Dimensional:** Para el modelo dimensional, es necesario definir los procesos de mantenimiento de la empresa y, a partir de ellos, identificar los campos que deben ser almacenados en la tabla correspondiente. Entre estos campos se pueden incluir la fecha de ingreso, fecha de salida, unidad en mantenimiento, tipo de avería, conductor afectado, entre otros.

Es importante tener en cuenta que el modelo dimensional debe estar diseñado de tal manera que permita el análisis de los datos de manera efectiva y eficiente. Para ello, se pueden utilizar herramientas y técnicas específicas, como el esquema estrella o el esquema copo de nieve, que permiten organizar y relacionar los datos de manera óptima.

Una vez se haya definido el modelo dimensional y se hayan identificado los campos necesarios, se puede proceder a su implementación en la base de datos correspondiente. Es importante asegurarse de que los datos sean ingresados de manera consistente y que se mantenga una coherencia en todo el sistema.

En resumen, la optimización del modelo dimensional implica una planificación rigurosa y detallada de los procesos de mantenimiento y una identificación cuidadosa de los campos que deben ser almacenados. Esto permitirá la creación de un modelo dimensional eficiente y efectivo que facilite el análisis de los datos y la toma de decisiones informadas.

4. **Diseño Físico:** Para el diseño físico del proyecto, es necesario tener en cuenta las necesidades tanto de hardware como de software para su correcto soporte.

En términos de hardware, se recomienda contar con un procesador Core Intel Xeon 3.0 Ghz, una memoria de 4 GB DDR2 SDRAM y un almacenamiento mínimo de disco duro SAS de 2T.

En cuanto al software, se sugiere utilizar Windows 10 como sistema operativo y contar con software adicional como Microsoft Office, Acrobat Reader y graficadores. Para aquellos trabajadores que utilicen Power BI, se debe instalar como mínimo Power BI Desktop y contar con una cuenta corporativa de Microsoft Power BI.

Es importante asegurarse de que el hardware y software utilizado sean compatibles con el proyecto y permitan un desempeño óptimo del mismo. Además, se deben realizar actualizaciones periódicas tanto del hardware como del software para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

En resumen, la optimización del diseño físico del proyecto implica tener en cuenta las necesidades específicas de hardware y software para garantizar un desempeño óptimo del mismo. De esta manera, se puede garantizar la eficiencia y eficacia en la realización de las tareas correspondientes.

5. ***Diseño e implementación del subsistema de ETL:*** Par el diseño e implementación del subsistema de ETL, se deben tener en cuenta los datos de mantenimiento de las unidades articuladas, los cuales se encuentran almacenados en hojas de Excel. El primer paso consiste en realizar un proceso para poder cargar estos datos en Power BI.

Para garantizar la calidad de los datos, se deben utilizar herramientas de depuración de la información. En caso de ser necesario, se pueden crear campos adicionales, validar datos y eliminar información innecesaria para mejorar la calidad de los datos almacenados.

Una vez depurados los datos, se procede a cargarlos en Power BI para su análisis y visualización. Es importante asegurarse de que los datos se carguen de manera consistente y que se mantenga una coherencia en todo el sistema.

En resumen, la optimización del diseño e implementación del subsistema de ETL implica realizar un proceso adecuado para cargar los datos de mantenimiento de las unidades articuladas en Power BI, utilizando herramientas para depurar y mejorar la calidad de los datos almacenados. Esto permitirá el análisis y visualización efectiva de los datos, lo que a su vez facilitará la toma de decisiones informadas.

6. **Especificación de Aplicaciones BI:** Para la especificación de aplicaciones BI, se deben realizar reuniones con las autoridades encargadas del proyecto para planificar los reportes e informes que se desean obtener. En estas reuniones, se deben definir los indicadores, tablas, gráficos e informes necesarios para el análisis y toma de decisiones.

Una vez definidos los requerimientos, se procede a diseñar los informes correspondientes y se presenta un prototipo para su revisión y aprobación por parte de las autoridades.

Es importante tener en cuenta que los informes y análisis deben ser diseñados de manera clara y concisa, de tal manera que los usuarios puedan comprender fácilmente los resultados y tomar decisiones informadas basadas en ellos.

En resumen, la optimización de la especificación de aplicaciones BI implica realizar reuniones con las autoridades encargadas del proyecto para definir los requerimientos, diseñar los informes necesarios y presentar un prototipo para su revisión y aprobación. Esto permitirá garantizar que los informes y

análisis sean útiles y comprensibles para los usuarios, lo que a su vez facilitará la toma de decisiones informadas y eficientes.

7. **Desarrollo de Aplicaciones de BI:** Para el desarrollo de aplicaciones de BI, se debe comenzar con el desarrollo de las aplicaciones según las especificaciones proporcionadas por las personas encargadas del proyecto. Esto implica la configuración de los meta-datos y reportes necesarios para los usuarios finales.

Una vez que se han completado los pasos de desarrollo y las especificaciones, se deben realizar pruebas para asegurarse de que todo funcione correctamente. Es importante asegurarse de que las aplicaciones cumplan con los requisitos establecidos por los usuarios y que sean fáciles de usar.

Una vez que se han completado las pruebas y se ha verificado que todo está funcionando correctamente, se procede a la implementación de los tableros e informes. Durante este proceso, se deben tomar en cuenta las necesidades específicas de cada usuario final y asegurarse de que los informes y análisis sean fáciles de entender y usar.

En resumen, para optimizar el desarrollo de aplicaciones de BI, se deben seguir las especificaciones proporcionadas por las personas encargadas del proyecto, realizar pruebas para asegurarse de que todo funcione correctamente y proceder con la implementación de los tableros e informes teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada usuario final. Esto permitirá garantizar que las aplicaciones de BI sean útiles, eficientes y fáciles de usar.

8. **Despliegue:** Para el despliegue del proyecto de BI, se deben seguir los siguientes pasos. En primer lugar, se debe asegurar que el prototipo ha sido

probado y corregido de acuerdo a las sugerencias de cambio de las personas encargadas del proyecto.

Una vez que se ha confirmado que el prototipo funciona correctamente, se procede a la implementación del proyecto en producción. Esto implica la creación de tableros de control (dashboards), páginas de análisis y reportes para la visualización de la información.

Después de haber creado los tableros y reportes, se debe subir todo a la nube para poder compartir la URL con los usuarios del sistema. De esta forma, los usuarios podrán acceder a la información y trabajar con el sistema.

Es importante tener en cuenta que, durante el proceso de despliegue, se deben hacer pruebas adicionales para asegurarse de que todo funciona correctamente en el entorno de producción. También es importante ofrecer soporte y capacitación a los usuarios finales para garantizar que puedan trabajar eficientemente con el sistema.

El despliegue de un proyecto de BI, se deben seguir los pasos mencionados anteriormente, asegurarse de hacer pruebas adicionales, ofrecer soporte y capacitación a los usuarios finales, y garantizar que la información esté disponible para su visualización y análisis (Forero-Castañeda and Sanchez-Garcia, 2021).

## **Inteligencia de Negocios**

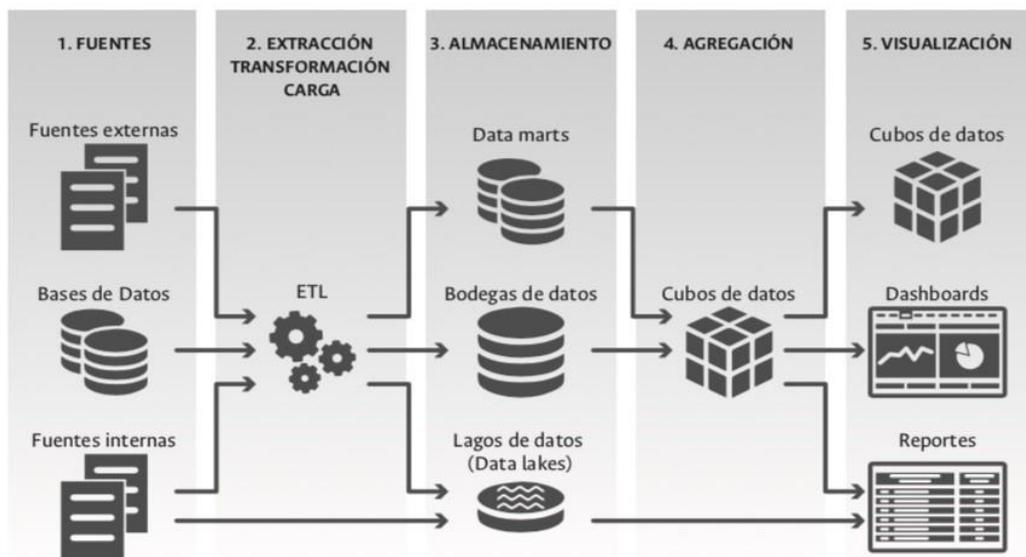
Según Aranibar and Carlos (2003), la inteligencia de negocios (BI por sus siglas en inglés: Business Intelligence) surgió en la década de los noventa del siglo XX en la empresa Gartner. Se define como un conjunto de aplicaciones, infraestructuras de datos, herramientas y prácticas para acceder a la información, analizarla y mejorar el desempeño de las organizaciones.

La inteligencia de negocios se utilizó en la década de 1960 con el intercambio de información entre organizaciones, fue utilizada con mayor frecuencia en la década de 1980 con la aplicación de sistemas informáticos para la toma de decisiones y la transformación de datos en información relevante (Becerra Díaz, 2015).

En la Figura 26, se presenta la arquitectura de Inteligencia empresarial, la cual se compone de:

- **Fuentes.** El primer componente de un modelo de inteligencia de negocios se relaciona con los diferentes tipos de datos que se emplean para tomar decisiones empresariales. Estas fuentes pueden provenir tanto de datos internos de la empresa, como de ventas, finanzas y recursos humanos, como de datos externos de fuentes tales como proveedores, clientes y competidores.

En cuanto a los datos internos, se incluyen sistemas empresariales como ERP (planificación de recursos empresariales), CRM (gestión de relaciones con clientes).



**Figura 26.** Arquitectura de negocios .

Nota. La figura representa la Arquitectura tecnológica típica de un modelo de inteligencia de negocios Tomado de (Aranibar and Carlos, 2003).

SCM (gestión de la cadena de suministro) y HRM (gestión de recursos humanos). Dichos sistemas recogen información empresarial en tiempo real, lo que facilita el acceso de los usuarios finales a datos actualizados y la toma de decisiones informadas.

Las fuentes de datos externos pueden abarcar datos de mercado, información financiera y datos de la competencia. Estos datos pueden recopilarse desde diferentes fuentes, como informes gubernamentales, sitios web de investigación de mercado y redes sociales.

En el ámbito de la inteligencia de negocios, es fundamental considerar la calidad de los datos de todas las fuentes. Los datos deben ser precisos, completos y actualizados para garantizar una toma de decisiones empresariales informada (Bayron and Andrés, 2011).

- ***Extracción, transformación de carga.*** La extracción, transformación y carga (ETL) es un proceso vital en la inteligencia de negocios que se utiliza para consolidar datos de diversas fuentes en un repositorio de datos centralizado. El proceso ETL se compone de tres fases fundamentales: extracción, transformación y carga.

La fase de extracción implica recolectar datos de varias fuentes, incluyendo tanto fuentes internas como externas, tales como sistemas empresariales, archivos de texto, bases de datos, sitios web y otros medios de información. Una vez extraídos, los datos se almacenan temporalmente en un área de almacenamiento.

La fase de transformación incluye la depuración y preparación de los datos para su integración en el repositorio de datos centralizado. Durante esta fase, los datos se someten a diferentes procesos de transformación, como eliminación de duplicados, conversión de formatos de datos y agregación de

información. Además, se pueden llevar a cabo cálculos y enriquecimientos de datos para mejorar su calidad e integridad.

La fase de carga involucra la integración de los datos transformados en el repositorio de datos centralizado. En esta fase, se pueden aplicar reglas de negocio adicionales y se pueden realizar comprobaciones de integridad para garantizar que los datos se carguen sin errores y de manera correcta (Farroñan Carranza, 2020).

- **Almacenamiento.** Es la creación y el mantenimiento de un lugar centralizado donde se almacenan grandes cantidades de datos empresariales para su posterior análisis. Este lugar centralizado se conoce como almacén de datos y se utiliza para integrar datos de diferentes fuentes y proporcionar una visión completa y precisa de la información empresarial.

El almacén de datos es una base de datos diseñada específicamente para la inteligencia de negocios y puede contener datos de múltiples fuentes, tanto internas como externas. Los datos se organizan en categorías y se estructuran para facilitar su acceso y análisis. El almacén de datos también puede contener metadatos que describen los datos y proporcionan información sobre su origen y calidad.

El proceso de almacenamiento en la inteligencia de negocios implica la extracción, transformación y carga (ETL) de los datos en el almacén de datos. Los datos se extraen de diferentes fuentes y se someten a una serie de transformaciones para limpiarlos y prepararlos para su integración en el almacén de datos. Luego, los datos se cargan en el almacén de datos, donde se pueden almacenar y analizar según sea necesario.

El almacenamiento en la inteligencia de negocios es esencial para ayudar a las empresas a tomar decisiones informadas basadas en datos empresariales precisos y actualizados. Al proporcionar un lugar centralizado para

almacenar datos, la inteligencia de negocios permite a las empresas analizar y comprender mejor su rendimiento empresarial y tomar decisiones informadas y estratégicas (Dixson et al., 2015).

- **Agregación.** Es un proceso mediante el cual los datos son transformados y resumidos para que puedan ser más fácilmente analizados. En lugar de tener filas de datos atómicos provenientes de múltiples fuentes, los datos son reemplazados por totales o estadísticas resumidas que se encuentran comúnmente en un almacén de datos. La agregación ayuda a proporcionar respuestas a preguntas analíticas y reduce el tiempo necesario para consultar grandes conjuntos de datos.

La agregación es utilizada comúnmente en la creación de informes y paneles de control de la inteligencia de negocios, y puede aplicarse a diferentes tipos de datos como ventas, ingresos, gastos, cuentas por cobrar, cuentas por pagar, entre otros. Puede ser una operación matemática simple como la suma o el promedio, o una operación más compleja que involucre múltiples fuentes de datos y cálculos. Además, la agregación puede ser jerárquica y los datos pueden agruparse en diferentes niveles de detalle, como en el caso de las ventas de productos a nivel de mes, trimestre y año, o de las ventas totales de una región o país (Metzger, 2002).

- **Visualización.** Las empresas necesitan procesar información que está en constante movimiento para poder aprovecharla, y para ello es necesario recopilar y entender dicha información. La visualización en la inteligencia de negocios es una parte importante de este proceso ya que ayuda a los usuarios a comprender mejor los datos y tomar decisiones informadas basadas en ellos. La visualización se logra a través del uso de gráficos, tablas y otros elementos visuales para representar los datos empresariales y hacerlos más fáciles de entender y analizar.

Existen diferentes tipos de visualizaciones en la inteligencia de negocios, como gráficos de barras, gráficos circulares, gráficos de líneas, mapas, diagramas de Gantt, diagramas de dispersión, entre otros. Estas visualizaciones se crean a partir de los datos almacenados en un almacén de datos y se utilizan para mostrar tendencias, patrones, relaciones y otros insights <sup>1</sup> útiles.

Los paneles de control también son una forma de visualización en la inteligencia de negocios, ya que proporcionan una vista resumida de los datos clave y las métricas de rendimiento en un solo lugar. Estos paneles pueden ser personalizados para adaptarse a las necesidades específicas de cada usuario y pueden incluir gráficos, tablas, indicadores clave de rendimiento (KPIs) y otros elementos visuales.

El objetivo de la visualización en la inteligencia de negocios es proporcionar una representación visual clara y concisa de los datos para que los usuarios puedan comprender mejor el rendimiento empresarial y tomar decisiones informadas basadas en los insights obtenidos. La visualización también ayuda a identificar áreas problemáticas y oportunidades de mejora en el negocio y proporciona una forma eficaz de comunicar información compleja a los interesados (Fuentes Tapia and Valdivia Pinto, 2010).

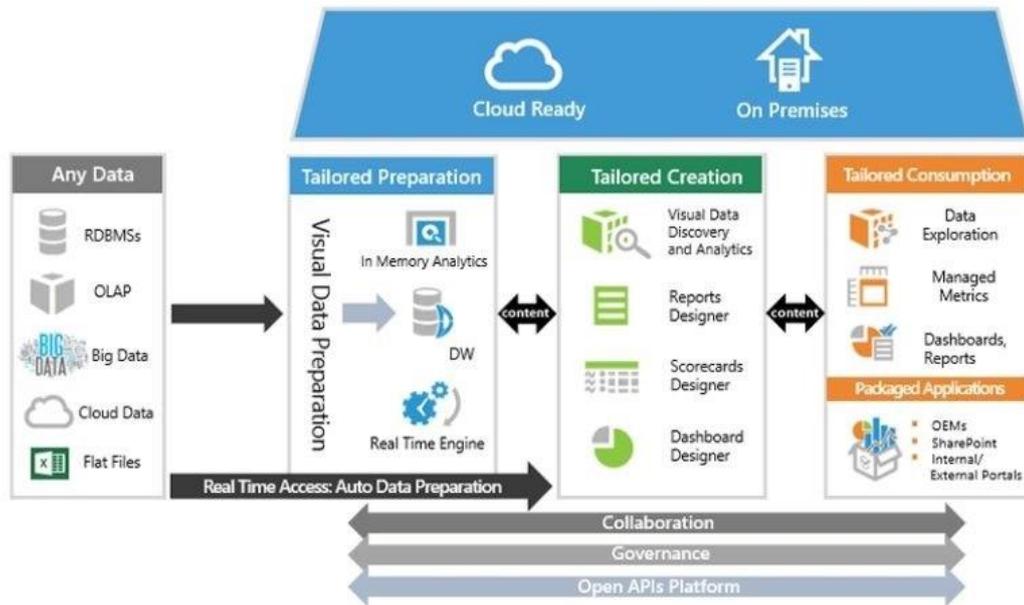
### **Cómo funciona la inteligencia de negocios**

En la Figura 27 el (BI) funciona recolectando datos de diversas fuentes, como bases de datos, hojas de cálculo y sistemas de gestión empresarial (ERP), y los almacena en un repositorio de datos centralizado. Luego, se utilizan herramientas de análisis

---

<sup>1</sup> Un insight es un conocimiento o comprensión profunda y significativa de un tema o situación en particular. Es un descubrimiento o comprensión valiosa que se obtiene al analizar los datos empresariales, y se utiliza para identificar áreas de mejora, oportunidades y patrones o tendencias que no son fácilmente perceptibles.

para procesar estos datos y generar insights útiles para la toma de decisiones empresariales.



**Figura 27.** Arquitectura BI .

Nota La figura representa la Arquitectura BI en una empresa, Tomado de (Fernández Luque, 2016).

Además, el BI puede utilizar técnicas de minería de datos y aprendizaje automático para identificar patrones y tendencias en los datos empresariales. Estas técnicas se utilizan para crear modelos predictivos que pueden ayudar a los usuarios a tomar decisiones informadas y anticiparse a las necesidades empresariales futuras.

Los usuarios del BI pueden acceder a los datos y los insights a través de herramientas de visualización, como gráficos, tablas y paneles de control personalizados. Estas herramientas permiten a los usuarios ver los datos de manera más clara y comprensible, lo que facilita la identificación de áreas problemáticas y oportunidades de mejora en el negocio.

En conclusión, el BI funciona mediante la recopilación, el análisis y la presentación de datos empresariales de manera clara y comprensible, para que los usuarios puedan tomar decisiones informadas y mejorar el rendimiento empresarial (Fernández Luque, 2016).

## Herramientas de Inteligencia de Negocios

El objetivo fundamental de las herramientas de inteligencia de negocios (BI, por sus siglas en inglés) es facilitar la recopilación, análisis y presentación de datos empresariales para apoyar la toma de decisiones informadas. Estas herramientas están diseñadas para convertir grandes conjuntos de datos en información significativa y procesable.

Existen varias herramientas de inteligencia de negocios disponibles en el mercado. A continuación, se mencionan algunas de las herramientas de BI más populares:

1. **Tableau**: Es una herramienta de BI que facilita la visualización y el análisis de grandes conjuntos de datos de manera intuitiva. Proporciona una amplia variedad de opciones de visualización, desde gráficos básicos hasta visualizaciones más complejas como mapas interactivos y gráficos de redes.

Una de las características destacadas de Tableau es su función de arrastrar y soltar, lo que permite a los usuarios crear visualizaciones y paneles de control personalizados sin necesidad de conocimientos en programación. Además, cuenta con una capacidad de análisis avanzada que permite a los usuarios realizar análisis en tiempo real para detectar patrones y tendencias en los datos.

Tableau es ampliamente utilizado en diversas industrias como finanzas, salud, ventas, marketing, entre otras. Su facilidad de uso y su capacidad para proporcionar información valiosa son ampliamente reconocidas y son muy útiles para tomar decisiones informadas en el mundo empresarial (Pérez López et al., 2018).

2. **Microsoft Power BI**: Es una herramienta de inteligencia de negocios creada por Microsoft que permite a los usuarios generar informes y visualizaciones interactivas a partir de grandes conjuntos de datos. La herramienta

proporciona una amplia variedad de opciones de visualización, tales como gráficos, tablas, mapas y KPIs, entre otras.

Power BI se integra sin problemas con otras herramientas de Microsoft, como Excel y SharePoint, lo que permite a los usuarios acceder y extraer datos de diversas fuentes. La herramienta también ofrece una función de análisis en tiempo real que permite a los usuarios detectar patrones y tendencias en los datos al instante.

Otra característica destacada de Power BI es su capacidad de colaboración, ya que permite a los usuarios compartir informes y paneles de control con otros miembros del equipo. Además, la herramienta se actualiza de forma regular con nuevas funciones y mejoras, lo que la convierte en una herramienta de BI muy popular en el mundo empresarial (Pacci Ayala, 2017).

3. **QlikView**: es una herramienta de inteligencia de negocios que permite a los usuarios conectarse a diversas fuentes de datos para crear informes y visualizaciones interactivas a partir de grandes conjuntos de datos. La herramienta se destaca por su tecnología de asociación de datos patentada, que permite a los usuarios explorar los datos de forma intuitiva y descubrir relaciones entre diferentes variables.

QlikView ofrece una amplia gama de opciones de visualización, como gráficos, tablas y mapas, entre otros. La interfaz de usuario de la herramienta es fácil de usar y permite a los usuarios crear informes y paneles de control personalizados de manera rápida y sencilla.

QlikView cuenta con una función de análisis avanzada que permite a los usuarios realizar análisis de datos en tiempo real y descubrir patrones y tendencias en los datos. La herramienta se integra con otras aplicaciones

empresariales, como Salesforce y SAP, lo que permite a los usuarios acceder a datos de múltiples fuentes en una sola plataforma.

En resumen, QlikView es una herramienta de inteligencia de negocios poderosa y fácil de usar que permite a los usuarios analizar grandes conjuntos de datos y descubrir información valiosa que puede ser utilizada para tomar decisiones empresariales informadas (Garcia Andonaire, 2016).

4. **SAP Business Objects:** Es una herramienta de inteligencia empresarial desarrollada por SAP que permite a los usuarios acceder a diversas fuentes de datos y crear informes y visualizaciones interactivas a partir de grandes conjuntos de datos. La herramienta ofrece una amplia variedad de opciones de visualización, desde gráficos simples hasta visualizaciones más complejas como mapas y gráficos de redes.

SAP Business Objects también incluye una función de análisis avanzado que permite a los usuarios realizar análisis de datos en tiempo real y descubrir patrones y tendencias en los datos. La herramienta se integra con otras aplicaciones empresariales de SAP, como ERP y CRM, lo que permite a los usuarios acceder a datos de múltiples fuentes en una sola plataforma.

SAP Business Objects es conocida por su capacidad de colaboración, ya que permite a los usuarios compartir informes y paneles de control con otros miembros del equipo de trabajo. La herramienta se actualiza regularmente con nuevas características y mejoras, lo que la hace una herramienta de BI muy popular en el mundo empresarial.

SAP Business Objects es una herramienta completa y potente de inteligencia empresarial que permite a los usuarios analizar grandes conjuntos de datos y obtener información valiosa para tomar decisiones informadas en el ámbito empresarial (Gómez and Bautista, 2010).

5. **IBM Cognos Analytics:** Es una herramienta de inteligencia de negocios desarrollada por IBM que posibilita a los usuarios conectarse a múltiples fuentes de datos para crear informes y visualizaciones interactivas a partir de grandes conjuntos de información. La plataforma proporciona una amplia gama de opciones de visualización, desde gráficos básicos hasta representaciones más complejas como mapas y gráficos de redes.

IBM Cognos Analytics cuenta con una funcionalidad de análisis avanzado que permite a los usuarios realizar análisis de datos en tiempo real y descubrir patrones y tendencias en los mismos. La herramienta se integra con otras aplicaciones empresariales de IBM, como IBM Planning Analytics, IBM Watson Studio, y otros productos de IBM, lo que permite a los usuarios acceder a datos de múltiples fuentes en una sola plataforma.

Otra característica destacable de IBM Cognos Analytics es su capacidad de colaboración, lo que permite a los usuarios compartir fácilmente los informes y paneles de control con otros miembros del equipo. Asimismo, la herramienta se actualiza periódicamente con nuevas funcionalidades y mejoras, lo que la convierte en una de las herramientas de BI más populares en el mundo empresarial.

IBM Cognos Analytics es una herramienta de inteligencia de negocios completa y potente que facilita a los usuarios el análisis de grandes conjuntos de datos para obtener información valiosa y tomar decisiones empresariales fundamentadas (Gómez and Bautista, 2010).

En la Figura 28, se puede encontrar la existencia de algunas herramientas de negocios y los líderes por el momento son Microsoft, Tableau, Clic y ThoughtSpot



**Figura 28.** Diagrama de Gartner .  
 Nota. La figura representa el Diagrama de Gartner, Tomado de (Acequia, 2023).

### La inteligencia de negocios en el mantenimiento de unidades articuladas

La inteligencia de negocios es una tecnología que permite a las empresas analizar grandes cantidades de datos de manera eficiente. Al aplicar la inteligencia de negocios al mantenimiento de unidades articuladas, se puede obtener información valiosa sobre el rendimiento y la eficiencia de las operaciones de mantenimiento. Para aplicar la inteligencia de negocios al mantenimiento de unidades articuladas, es necesario recopilar datos relevantes como las fechas de mantenimiento, los tipos de mantenimiento realizados, el tiempo de inactividad, las fallas y las reparaciones. Estos datos pueden provenir de diversas fuentes, como sensores en las unidades,

sistemas de seguimiento de mantenimiento, registros de servicios y otros sistemas de monitoreo.

Una vez que se han recopilado los datos necesarios, se puede utilizar Power BI para crear visualizaciones y paneles de control que muestren los datos de una manera clara y comprensible. Power BI es una herramienta de inteligencia empresarial de Microsoft que permite crear informes y paneles interactivos para analizar los datos. Por ejemplo, se puede crear un panel de control que muestre el tiempo de inactividad de cada unidad articulada en una tabla o gráfico. también se pueden crear gráficos que muestren la cantidad de fallas y reparaciones por tipo de mantenimiento, lo que permitirá identificar problemas específicos en el mantenimiento.

Power BI permite establecer alertas para que se notifique a los encargados del mantenimiento cuando los datos muestren un rendimiento inferior al esperado, lo que permitirá tomar medidas preventivas y mejorar la eficiencia de los procesos de mantenimiento.

### **Análisis de impactos**

El análisis de impacto al realizar un sistema informático utilizando la inteligencia de negocios con Power BI en el mantenimiento de unidades articuladas puede ser sumamente beneficioso para una empresa. Esta herramienta permite recopilar, analizar y visualizar datos relacionados con el mantenimiento de estas unidades de forma eficiente y efectiva, a través de la propuesta, se puede identificar los siguientes efectos o consecuencias.

### **Impacto ambiental**

Mediante la implementación de un sistema informático que utiliza la inteligencia de negocios con Power BI en el mantenimiento de unidades articuladas, se logra recopilar y analizar datos relacionados con dicho mantenimiento. Esto posibilita la identificación de áreas de mejora que pueden generar un impacto ambiental

positivo. Al analizar los datos de consumo de combustible de las unidades, se pueden detectar patrones y tendencias que revelen un mayor consumo en circunstancias específicas. Esto abre la puerta a la adopción de medidas para optimizar el rendimiento y disminuir el consumo de combustible, lo que conlleva una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye a la sostenibilidad medioambiental. Asimismo, la implementación de prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo ayuda a prevenir fallas repentinas en las unidades, lo que reduce la necesidad de reparaciones urgentes y minimiza el empleo de recursos como piezas de repuesto y materiales, que podrían tener un impacto negativo en el entorno.

### **Impacto económico**

Este proyecto tiene el potencial de generar importantes beneficios económicos para una empresa. Al recopilar y analizar datos relacionados con el mantenimiento de las unidades articuladas, se pueden identificar oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados al mantenimiento. Gracias a la inteligencia de negocios y las capacidades de visualización de Power BI, es posible identificar patrones y tendencias en los procesos de mantenimiento, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos concretos. Esto incluye la optimización de las rutinas de mantenimiento, la detección temprana de problemas y una planificación más eficiente de los recursos disponibles. Estas acciones contribuyen a la reducción de los costos de mantenimiento y a una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles. Además, al planificar de manera más efectiva el ciclo de vida de las unidades, se logra una gestión más precisa de los activos de la empresa, evitando reemplazos innecesarios o reparaciones costosas y prolongando la vida útil de las unidades. Todo esto tiene un impacto económico positivo, lo que se traduce en una mayor rentabilidad y competitividad en el mercado.

### **Impacto técnico**

Este trabajo tecnológico ofrece diversas ventajas en el ámbito técnico. Al recopilar y analizar datos relacionados con el mantenimiento de las unidades articuladas, se

logra obtener una visión más precisa y detallada de su estado y rendimiento. Esto, a su vez, posibilita una mejor planificación de los recursos técnicos y humanos requeridos para el mantenimiento. El uso de la inteligencia de negocios y Power BI permite una representación visual clara y concisa de los datos recopilados, lo que facilita la toma de decisiones informadas y proactivas para mejorar los procesos técnicos, reducir los tiempos de inactividad y optimizar la disponibilidad de las unidades articuladas. Además, se fomenta una gestión más eficiente de la información técnica al permitir la interoperabilidad y automatización de los procesos técnicos. Estos aspectos contribuyen a agilizar las tareas de mantenimiento y a mejorar la eficiencia operativa en general.

### **Impacto social**

El poner en funcionamiento este sistema informático tiene un impacto social positivo en diferentes aspectos. Se logra mejorar la seguridad y la calidad del servicio que brindan las unidades a la comunidad, así como reducir los tiempos de inactividad. Esto se traduce en una disminución de las interrupciones en los servicios de transporte público, beneficiando tanto a los usuarios como a la sociedad en general al asegurar una mayor continuidad y eficiencia en los desplazamientos. Este sistema contribuye a mejorar la seguridad, calidad y eficiencia del transporte, lo cual tiene un impacto positivo en la sociedad al proporcionar un servicio más confiable y satisfactorio para los ciudadanos.

### **Presupuesto del proyecto**

El presupuesto para el desarrollo de un software de mantenimiento de unidades articuladas utilizando inteligencia de negocios con Power BI dependerá de varios factores, como la complejidad del software, el alcance de las funcionalidades requeridas y el tiempo estimado para completar el proyecto, elementos a considerar al establecer un presupuesto:

**Tabla 9.** Presupuesto inicial del proyecto del sistema de mantenimiento

Descripción	Unidad	Mes	Costo Unita- rio	Total
<b>Mano de obra</b>				
* Programadores	u	3	600	1800
* Analista de sistema	u	3	550	1650
* Soporte técnico	u	3	550	1650
<b>Adware y software</b>				
* Lenguaje de programación (Power Bi)	u		150	150
* Sistema operativo (Windows 11)	u		120	120
* Equipos de desarrollo e implementación	u		1190	1190
<b>Gastos de oficina</b>				
* Documentación	1 resma	3	5	15
* Capacitaciones	1 hora	3	40	120
* Inesperados	1 hora	3	40	120
			<b>Total</b>	<b>6815</b>

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

1. **Recursos humanos:** Este es uno de los principales componentes del presupuesto. Incluirá el costo de contratar a un equipo de desarrollo de software, que puede incluir ingenieros de software, diseñadores de interfaz de usuario, analistas de datos y otros profesionales necesarios para el proyecto. El costo dependerá de la experiencia y la ubicación geográfica de los miembros del equipo.
2. **Tiempo estimado:** La duración del proyecto es un factor clave para determinar el presupuesto. Cuanto más tiempo se requiera para completar el

desarrollo del software, mayor será el costo asociado, ya que se necesitarán más recursos humanos y se incurrirá en gastos operativos durante un período prolongado.

3. **Infraestructura tecnológica:** Es importante considerar los costos relacionados con la infraestructura tecnológica necesaria para el desarrollo y la implementación del software. Esto puede incluir servidores, licencias de software, herramientas de desarrollo y otros recursos necesarios para ejecutar el software de manera eficiente.
4. **Licencias y suscripciones:** Si se utiliza Power BI como plataforma de inteligencia de negocios, es posible que debas adquirir licencias y suscripciones adicionales para acceder a características específicas o para garantizar la integración adecuada con el software de mantenimiento de unidades articuladas. Estos costos deben tenerse en cuenta en el presupuesto.
5. **Pruebas y aseguramiento de calidad:** Para garantizar que el software cumpla con los requisitos y funcionalidades establecidos, es fundamental realizar pruebas exhaustivas. Esto implica asignar tiempo y recursos para la fase de pruebas y aseguramiento de calidad, lo cual también debe considerarse en el presupuesto.
6. **Mantenimiento y soporte:** Una vez que el software esté desarrollado e implementado, es importante contar con un presupuesto para el mantenimiento continuo y el soporte técnico. Esto puede incluir actualizaciones, corrección de errores y atención al cliente, lo cual contribuirá a garantizar el buen funcionamiento y la satisfacción de los usuarios.

El sistema de mantenimiento se ha planificado para ser completado en un período de tres meses.

## **Cronograma de actividades del desarrollo del sistema informático**

El cronograma de actividades para realizar un sistema informático para el mantenimiento de unidades articuladas utilizando inteligencia de negocios con Power BI, a continuación, se presenta un cronograma:

1. **Definición de requisitos:** En esta etapa, se deben recopilar y analizar los requisitos del sistema de mantenimiento de unidades articuladas. Esto implica comprender las necesidades de los usuarios, identificar las funcionalidades necesarias y definir los objetivos del proyecto.
2. **Diseño de la arquitectura:** Una vez que los requisitos están claros, se puede comenzar a diseñar la arquitectura del sistema. Esto incluye la estructura de la base de datos, el diseño de la interfaz de usuario y la planificación de la integración con Power BI.
3. **Desarrollo del software:** En esta etapa, el equipo de desarrollo de software se encargará de crear el sistema informático de mantenimiento de unidades articuladas. Se seguirán las mejores prácticas de desarrollo de software, dividiendo el trabajo en módulos o componentes más pequeños para facilitar la implementación y la prueba.
4. **Integración con Power BI:** Una vez que el software base esté desarrollado, se procederá a integrarlo con Power BI. Esto implicará la extracción y transformación de datos, la creación de paneles y gráficos interactivos, y la configuración de las conexiones necesarias para visualizar y analizar la información relevante.
5. **Pruebas y aseguramiento de calidad:** Antes de la implementación final, se realizarán pruebas exhaustivas del sistema para garantizar su funcionamiento correcto. Esto incluye pruebas unitarias, pruebas de integración y pruebas de rendimiento. también se verificará que el sistema cumpla con todos los requisitos establecidos anteriormente.

6. **Implementación y despliegue:** Una vez que el sistema ha pasado las pruebas satisfactoriamente, se procederá a su implementación en el entorno de producción. Esto puede implicar la instalación del software en los servidores adecuados, la configuración de los permisos de acceso y la capacitación de los usuarios finales.

Tabla 10. Cronograma de actividades del desarrollo del sistema informático

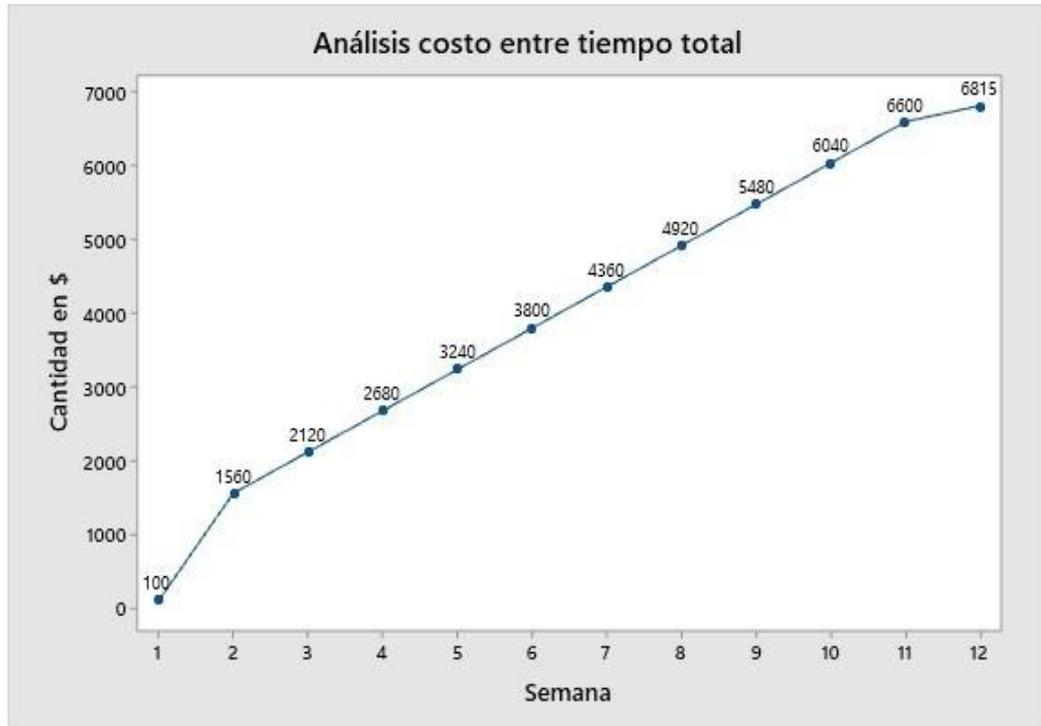
Actividades	M1				M2				M3			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
<b>Presentación de la propuesta</b>												
* Reunión de lanzamiento	■											
* Definir Objetivos	■											
<b>Inicio:</b>												
* Determinar requisitos	■											
* Requisitos, Hardware	■											
<b>Desarrollo:</b>												
* Planificación del proyecto	■											
* Requerimientos del Negocio	■											
* Modelo dimensional	■											
* Diseño Físico	■											
* Carga ETL	■											
* Especificación de BI	■											
* Desarrollo de BI	■											
* Despliegue	■											
<b>Operaciones:</b>												
* Configuración de Hardware	■											
* Prueba del sistema	■											

Elaborado por: Ney, Zambrano (2023).

**Soporte y mantenimiento:** Después de la implementación, se proporcionará soporte técnico continuo y se realizarán actualizaciones y mejoras según sea necesario. Esto garantizará que el sistema funcione de manera eficiente y se mantenga actualizado con los cambios tecnológicos y las necesidades cambiantes de los usuarios.



se incrementa gradualmente al principio, luego se acelera rápidamente y finalmente se estabiliza o desacelera hacia el final del proyecto.



**Figura 29.** Análisis costo en tiempo total .  
Elaborado por: Ney, Zambrano (2023).

La curva S es útil para los administradores de proyectos, ya que les permite visualizar y evaluar el rendimiento real del proyecto en comparación con el plan original. también proporciona una estimación de cómo se espera que el proyecto avance en el futuro, lo que permite identificar posibles retrasos o desviaciones en el cronograma (Antonelli, 2007).

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO, PRUEBA E IMPLEMENTACIÓN**

#### **Obtención de los datos**

Para una correcta implementación del sistema de BI en la empresa TROLEBÚS EPQ, es necesario comprender cómo se realizan los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. De esta manera, se podrá entender qué se espera obtener con la implementación del sistema de BI, el cual estará condicionado por los datos que posee la empresa.

Se recibió un archivo en Excel proporcionado por la empresa, el cual contiene información desde el 01-08-2018 hasta el 12-10-2022 sobre los mantenimientos en los que las unidades han sido intervenidas. No obstante, estos datos no estaban estructurados, por lo que se necesitaba limpiarlos para mejorar su calidad.

Se reviso la información de esta base de datos para determinar cuál es fundamental para la implementación del sistema de BI. El diseño de la estructura de la base de datos y la limpieza de los datos son dos procesos que se retroalimentan mutuamente. Durante las entrevistas, los técnicos de mantenimiento expresaron sus puntos de vista y destacaron la información que les gustaría ver en los paneles, ya que esto les sería de gran ayuda en la toma de decisiones. La información que principalmente desean visualizar es:

- Estadística de unidades articuladas
- Trabajos en unidades
- Unidades en talleres
- Estadística de trabajos de móviles
- Trabajos de los móviles
- Repuestos

La visualización de esta información puede ser filtrada por el taller, tipo de unidad, cantidad de unidades visualizadas, año y mes.

Los usuarios del sistema implantado pueden acceder a la información en cualquier momento desde una computadora personal, una laptop o un teléfono celular.

### **Planteamiento ETL**

El planteamiento ETL, siglas que se refieren a Extraer, Transformar y Cargar (Extract, Transform, Load en inglés), constituye un enfoque fundamental en el ámbito de la gestión y análisis de datos. Este proceso describe las etapas esenciales para la integración y preparación de datos desde diversas fuentes hasta un almacén centralizado, donde puedan ser analizados de manera eficiente.

La fase de extracción involucra la recolección de datos desde diferentes fuentes, ya sean bases de datos, archivos, sistemas en la nube u otros repositorios. La etapa de transformación implica la modificación y estructuración de los datos para que cumplan con los requisitos del sistema de destino, lo que incluye limpieza, conversión de formatos y enriquecimiento de la información. Finalmente, la carga implica la transferencia de los datos procesados al destino final, como un almacén de datos o una base de datos que facilitará análisis y reportes.

El planteamiento ETL es esencial en entornos empresariales donde la calidad y coherencia de los datos son críticas para la toma de decisiones informadas. Este enfoque contribuye a la eficiencia, consistencia y fiabilidad de los datos, proporcionando una base sólida para el análisis y la generación de información significativa en diversas áreas de una organización.

Para optimizar el diseño de los ETL (Extract, Transform, Load), se pueden seguir algunos consejos prácticos:

1. **Definir** claramente los requisitos y objetivos del proceso ETL de mantenimiento de las unidades antes de comenzar a diseñarlo.

2. **Seleccionar** las herramientas y tecnologías adecuadas para el proyecto de mantenimiento de unidades
3. **Diseñar** una estructura de datos consistente y bien definida, para asegurar la integridad de los datos durante todo el proceso.
4. **Utilizar** técnicas de optimización de consultas y transformaciones, como el uso de índices y el caching, para mejorar el rendimiento.
5. **Realizar** pruebas exhaustivas de los procesos ETL antes de su implementación en producción, para detectar y corregir posibles errores y problemas de rendimiento.
6. **Monitorear** y ajustar continuamente el proceso ETL en producción para asegurar su rendimiento óptimo y eficiente.

Al seguir estos consejos, se puede mejorar significativamente el diseño y la implementación de los procesos ETL de mantenimiento de unidades articuladas, lo que puede conducir a un mejor rendimiento y calidad de los datos en el sistema en general (Méndez López, 2015).

Para la implementación de la solución de BI para el mantenimiento de unidades articuladas de la empresa TROLEBÚS EPQ, se ha seguido la adaptación de la Metodología de Kimball que se explicó anteriormente.

Basándonos en la recopilación detallada de información sobre los mantenimientos de las unidades articuladas, avanzamos hacia la creación de los Procesos de Extracción, Transformación y Carga (ETL). Este paso estratégico se fundamenta en la necesidad de optimizar la gestión de datos relacionada con el mantenimiento de las unidades articuladas, permitiendo una integración más eficiente, una transformación precisa de la información y una carga efectiva en el sistema correspondiente, procedemos a crear los ETL:

1. **ETL de las Unidades**, donde se tienen los siguientes campos (Tabla 12, Figura 30).

**Tabla 12.** Unidades

Campo	Descripción
idunidad	Clave primaria de unidades
Unidad	Es un código interno que tiene las Unidades

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 30.** Unidades

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023)

2. **ETL de las Unidades Móviles**, es la tabla que contiene los nombres de los móviles, donde se tienen los siguientes campos (Tabla 13, Figura 31).

**Tabla 13.** Unidades Móviles

Campo	Descripción
id_unidadM	Clave primaria de unidades móviles
UNIDAD	Es un código interno que tiene los móviles

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 31.** Unidades Móviles

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023)

3. *ETL de los Equipos.* cuenta con los siguientes campos (Tabla 14, Figura 32).

**Tabla 14.** Equipos

Campo	Descripción
Equipo	Nombre del repuesto que se encuentra en bodega
id equipo	Clave primaria de la tabla equipos

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 32.** Equipo

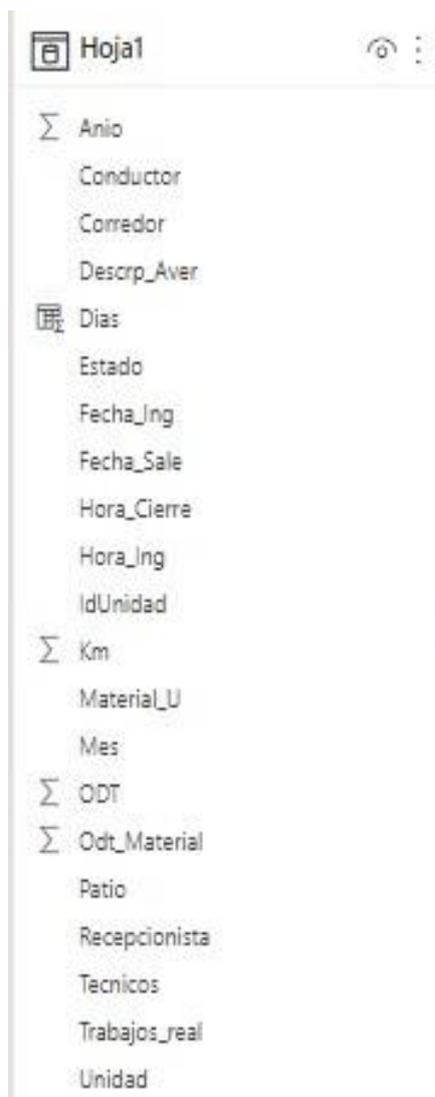
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

4. *ETL de la Hoja1,* es la tabla, donde se tienen los trabajos realizados de mantenimiento, tiene los siguientes campos (Tabla 15, Figura 33).

Tabla 15. Hoja 1

Campo	Descripción
Año	El año de ingreso de la unidad
Conductor	Nombre del conductor que ingresa a talleres
Corredor	Nombre del corredor
Descrp_Aver	Descripción de la avería de la unidad
Dias	El dia de ingreso de la unidad
Estado	Si la unidad esta activo o no
Fecga_ing	Fecha de ingreso de la unidad a talleres
Fecga_sal	Fecha de salida de la unidad de talleres
Hora_Cierre	Hora de cierre de la OT
Hora_ing	Hora de ingreso de la OT
IdUnidad	Clave primaria de la tabla Unidad
Km	Kilómetros que indica el tablero
Material_U	Repuestos utilizados en las unidades
Mes	Mes de ingreso de la unidad
ODT	Numero de orden de trabajo
Odt_Materiales	Numero de OT de los materiales utilizados
Patio	Nombre del Taller
Recepcionista	Recepcionista que ingresa la OT
Técnicos	Personal técnico que realiza el mantenimiento
Trabajos_real	Descripción del trabajo realizado
Unidad	Identificación de la unidad

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 33.** Hoja1  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

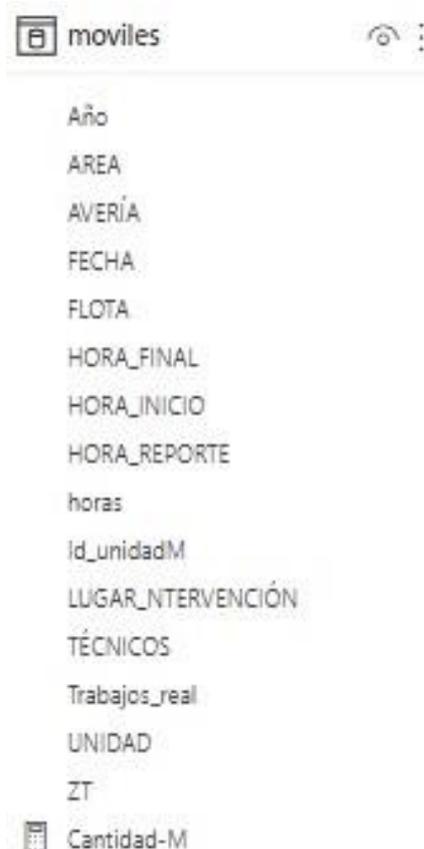
5. **ETL de los Móviles.** Es la tabla donde se registran los trabajos realizados por los móviles. Cuenta con los campos (Tabla 16, Figura 34):

Tabla 16. Móviles

Campo	Descripción
Año	El año de ingreso del trabajo de los móviles
AREA	Describe el tipo de are donde se realiza el trabajo
AVERIA	La descripción de la avería de la unidad
Fecha	Fecha de la atención a la unidad

Sigue en la página siguiente.

Campo	Descripción
HORA_FINAL	Hora de inicio del trabajo de la unidad
HORA_REPORTE	Hora de inicio de trabajo a la unidad
horas	Cantidad de tiempo intervenida en la unidad
id_unidadM	Calve primaria de la tabla Móviles
LUGAR_INTERVENCION	Lugar donde fue intervenida la unidad
TECNICOS	Técnico que atendió a la unidad
Trabajos_real	Trabajo realizado en la unidad
UNIDAD	Identificación de la unidad
ZT	Lugar de intervención del Recreo
Cantidad_M	Número de intervenciones



**Figura 34.** Móviles

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

6. **ETL de los Repuestos.** Es la bodega que contiene los repuestos que se utiliza para almacenar una variedad de piezas y componentes necesarios para el

mantenimiento y reparación de los vehículos del taller Río Coca de la empresa Trolebús (Tabla 17, Figura 35).

Tabla 17. Repuestos

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Bodega	Nombre de la bodega donde están los repuestos
Cantidad Solicita	Cantidad de repuestos que retira el técnico
Año	El año de ingreso del repuesto a bodega
descripción	Describe al repuesto
Equipos	Nombre del equipo
Estado	Si el repuesto existe o no.
Fecha	Fecha de ingreso del repuesto
Fecha Solicitada	Fecha de retiro del repuesto por el técnico
Grupo	Grupo al cual pertenece
Hora	Hora de entrega del repuesto
id equipo	Clave primaria de la tabla Equipo
No pedido	numero de pedido
Persona Recibe	Técnico que recibe los repuestos
Cantidadr	Cantidad de repuesto que recibe el técnico

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 35.** Repuestos  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

7. **ETL de Calendario.** La utilización del calendario en Power BI resulta fundamental para el análisis de datos temporales, ya que posibilita la creación de tablas con información precisa acerca de fechas, días de la semana, meses, trimestres, años fiscales, feriados, entre otros datos temporales, que son utilizadas para llevar a cabo cálculos, análisis y visualizaciones basados en el tiempo. Asimismo, el calendario permite la comparación de datos a lo largo del

tiempo, lo que resulta esencial para detectar patrones y tendencias en los datos. El ETL de Calendario es asegurar que los datos relacionados con el calendario estén disponibles, sean precisos y estén estructurados adecuadamente para su posterior uso en análisis (Tabla 18, Figura 36).

Tabla 18. Calendario

Campo	descripción
año	año del registro en análisis
Date	Fecha para realizar el análisis
Dia	Día para realizar el análisis
Mes	Mes para realizar el análisis
Mesn	Mes en expresado en numero
Trim	Trimestre
Tiempo	Tiempo del análisis
Años	años de comparación de análisis
Trimestre	Trimestre de comparación
Mes	Mes de comparación

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).



**Figura 35.** Calendario  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### **Modelo de Datos**

Un modelo de datos es una representación estructurada y visual de la información que un sistema o aplicación maneja. Este modelo describe cómo se organiza, almacena y relaciona la información dentro de una base de datos. En esencia, proporciona un marco conceptual que define la estructura de los datos y las relaciones entre ellos. Existen diferentes tipos de modelos de datos, como el modelo relacional, jerárquico, de red, y el modelo de entidad-relación, entre otros.

Los modelos de datos en Power BI son una representación visual de los datos que se van a analizar y visualizar en los informes. Estos modelos están compuestos por tablas que contienen información relacionada entre sí, y que se pueden conectar a otras tablas para crear relaciones.

En la Figura 36 se visualiza el modelo de los datos y las relaciones entre diferentes ETL en Power BI, del mantenimiento de unidades articuladas del taller Río Coca de la empresa TROLEBÚS´EPQ.

1. Existe una relación de muchos a uno entre **Móviles** y **Calendario** que se relacionan con los campos *FECHA*.
2. La siguiente relación se tiene de muchos a uno entre **Móviles** y **UnidadM** que se relacionan con los campos *Id-unidadM*.
3. La siguiente relación se tiene de muchos a uno entre **Repuestos** y **Equipo** que se relacionan con los campos *Id-equipos*.
4. La siguiente relación se tiene de muchos a uno entre **Hoja1** y **Calendario** que se relacionan con los campos *FECHA*.
5. La siguiente relación se tiene de muchos a uno entre **Hoja1** y **Unidades** que se relacionan con los campos *Idunidad*.
6. La siguiente relación se tiene de muchos a uno entre **Kpi** y **Calendario** que se relacionan con los campos *FECHA*.



## **Diseño de los Dashboard**

Para crear un panel de control en Power BI que resuma los mantenimientos de las unidades del taller de la empresa Trolebús EPQ en la Rio Coca, se siguieron los siguientes pasos:

1. **Conexión de datos:** Lo primero que se hizo fue conectar los datos en Power BI. Se importó un archivo de Excel que estaba limpio y organizado.
2. **Creación de paneles:** Se crearon paneles de acuerdo con las solicitudes de los técnicos de mantenimiento.
3. **Creación de gráficos:** Se crearon gráficos para cada panel, resumiendo la información solicitada.
4. **Agregación de filtros:** Se agregaron filtros al panel de control para hacerlo más interactivo, para que los usuarios puedan explorar los datos de manera más detallada.
5. **Agregación de medidas:** Las medidas son cálculos que se realizan en los datos, como la suma o el promedio de una columna. Se agregaron medidas relevantes para cada panel de control.
6. **Diseño del panel de control:** Se diseñó el panel de control de manera atractiva y fácil de leer, utilizando gráficos claros y legibles para asegurarse de que la información se presente de manera clara y concisa, tal como lo solicitaron los técnicos de mantenimiento.

## **Dashboard de estadística de unidades**

Un dashboard de estadísticas de unidades es una interfaz visual que presenta de manera clara y concisa información estadística relevante sobre un conjunto específico de unidades, como vehículos o equipos. Este panel proporciona una visión rápida y accesible de datos clave relacionados con el rendimiento,

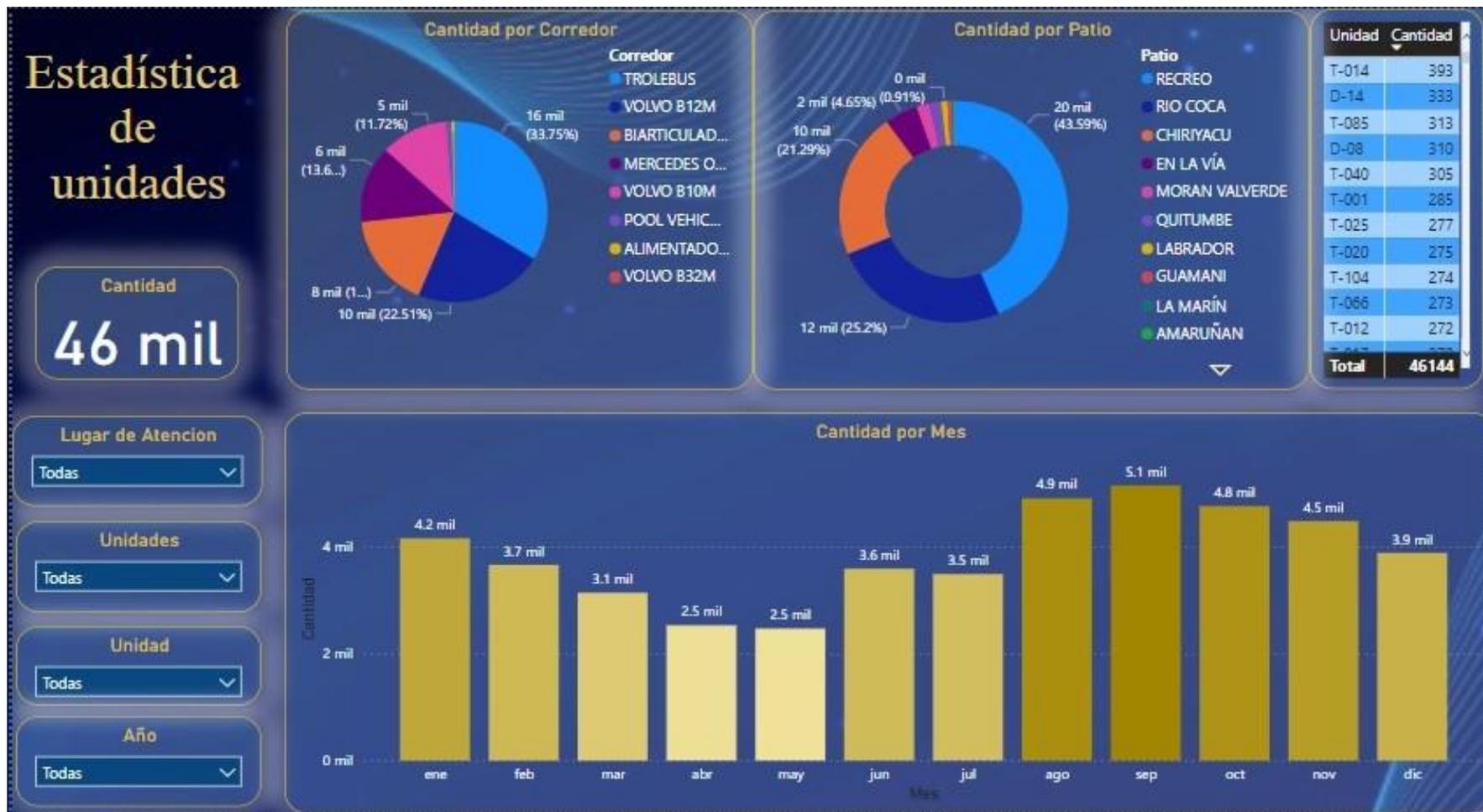
mantenimiento, eficiencia operativa u otros indicadores relevantes para las unidades en cuestión.

Los dashboards suelen utilizar gráficos, tablas y otros elementos visuales para representar datos de manera intuitiva, permitiendo a los usuarios identificar tendencias, patrones o áreas de interés de un vistazo. La información presentada en un dashboard de estadísticas de unidades puede incluir métricas como el kilometraje, el consumo de combustible, el estado de mantenimiento, el tiempo de inactividad, entre otros, brindando a los responsables de la toma de decisiones una herramienta efectiva para evaluar y optimizar el rendimiento de la flota o conjunto de unidades.

La Figura 37 muestra un dashboard con datos estadísticos para el mantenimiento de unidades articuladas del Trolebús en taller de la Río Coca de la empresa Trolebús proporcionara información valiosa sobre el funcionamiento de las unidades y permitir a los gerentes de mantenimiento tomar medidas preventivas y correctivas de manera oportuna para mantener las unidades en buen estado de funcionamiento, a continuación, tenemos los siguientes paneles:

1. **Cantidad por corredor:** Este panel muestra un gráfico de pastel por tipo de unidad.
2. **Cantidad por patio:** Este panel muestra un gráfico de anillo por patio donde se atendió la avería de la unidad.
3. **Cantidad por fecha:** Este nos muestra un gráfico de barras, este puede ir cambiando por: año, trimestre o mensualmente.
4. **Unidad Cantidad:** Este panel nos muestra La unidad con la cantidad de ingresos a talleres para ser intervenida por algún tipo de mantenimiento.

Para la filtración de datos, cada panel estará sujeto a los siguientes criterios: Lugar de atención, tipo de unidad, Unidad y año.



**Figura 37.** Dashboard de estadística de unidades de mantenimiento, unidades articuladas del TROLEBÚS

Realizado por: Ney, Zambrano (2023).

## **Dashboard de trabajos de unidades**

Un dashboard de trabajos de unidades en el taller es una interfaz visual que ofrece una representación gráfica y detallada de la información relacionada con los trabajos de mantenimiento y reparación realizados en unidades, como vehículos o equipos, dentro de un taller. Este panel proporciona una visión consolidada de las actividades de servicio, permitiendo a los responsables de la gestión del taller y del mantenimiento monitorear eficientemente el estado y el historial de los trabajos realizados.

En la Figura 38 se presenta un dashboard de las intervenciones de mantenimiento realizadas por los técnicos en las unidades articuladas de TROLEBÚS EPQ. Se distinguen tres tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo. Estos técnicos tienen formación técnica en mecánica y electricidad, lo cual es fundamental para resolver problemas. El dashboard cuenta con los siguientes paneles:

1. **Unidad Cantidad:** Este panel nos muestra La unidad con la cantidad de ingresos a talleres para ser intervenida por algún tipo de mantenimiento.
2. **Trabajos realizados:** Este panel muestra los trabajos realizados por los técnicos cuando han realizado algún tipo de mantenimiento.
3. **Técnicos:** Muestra los nombres de los técnicos que han realizado algún trabajo en la unidad.
4. **Material utilizado:** Nos muestra los materiales usados para cuando han realizado algún tipo de mantenimiento.
5. **Orden de trabajo:** Nos muestra el número de orden de trabajo (OT).
6. **Orden del material:** Nos muestra el número de orden de la hoja de repuesto que ha utilizado.



**Figura 38.** Dashboard de Trabajos de unidades de mantenimiento, unidades articuladas del TROLEBÚS

Realizado por: Ney, Zambrano (2023).

## **Dashboard unidades en talleres**

Un dashboard de unidades en el taller para su respectivo mantenimiento es una herramienta visual que presenta de manera consolidada y accesible información relevante sobre las unidades actualmente en proceso de mantenimiento en un taller específico. Este panel proporciona una visión instantánea de la situación y el progreso de las labores de servicio, permitiendo una gestión eficiente de los recursos y una toma de decisiones informada.

En la Figura 39 se presenta un dashboard de las unidades que se encuentran en los talleres de la empresa Trolebús, hay algunas unidades que se encuentran estacionadas para ser intervenidas por algún motivo. Para evitar tomarlas en cuenta en el trabajo diario, es necesario que el departamento de Operaciones tenga conocimiento de estas unidades, El dashboard cuenta con los siguientes paneles:

1. **Lugar de atención:** Es el espacio físico donde esta estacionada la unidad, se presenta como taller.
2. **Unidades:** Son el tipo de unidades que se encuentran estacionadas en algún lugar físico de la empresa.
3. **Averías de ingreso:** Es el posible daño que tiene la unidad por la cual ingresa a talleres, nos muestra la cantidad de días que esta estacionada la unidad en el taller.
4. **Año:** Nos muestra un gráfico de barras, clasificadas por año que nos muestra la cantidad de unidades que está en cada taller.

Para la filtración de datos, cada panel estará sujeto a los siguientes criterios: Lugar de atención, tipo de unidad, Unidad y año.



**Figura 39.** Dashboard de unidades en talleres de mantenimiento, unidades articuladas del TROLEBÚS

Realizado por: Ney, Zambrano (2023).

## **Dashboard Estadística de móviles**

Un dashboard de estadísticas de los trabajos realizados por los móviles en ruta es una interfaz visual que presenta de manera sintetizada información estadística relacionada con las actividades y desempeño de los vehículos o equipos en movimiento. Este panel proporciona una visión rápida y comprensible de diversos indicadores clave, permitiendo a los responsables de la gestión de flotas o servicios en ruta evaluar la eficiencia operativa y tomar decisiones informadas.

En la Figura 40 se presenta un dashboard de la estadística de los trabajos realizados por los técnicos en la vía, este cuando una unidad ha solicitado algún tipo de ayuda técnica, donde el técnico tiene que justificar su trabajo en la vía, el dashboard cuenta con los siguientes paneles:

1. **Lugar de intervención:** Nos muestra un gráfico de barras horizontales, con la cantidad de intervenciones es el lugar físico donde el técnico móvil a intervenida a la unidad.
2. **Cantidad por área:** Nos muestra un gráfico de anillo, visualiza la cantidad de intervenciones clasificadas por área de mantenimiento.
3. **Técnicos:** Nos muestra un gráfico de barras horizontales, con la cantidad de intervenciones que el técnico ha realizado en la vía.
4. **Cantidad por fecha:** Este nos muestra un gráfico de barras, este puede ir cambiando por: año, trimestre o mensualmente.
5. **Unidad Cantidad:** Este panel nos muestra La unidad con la cantidad de intervenciones en la vía por el técnico.

Para la filtración de datos, cada panel estará sujeto a los siguientes criterios: Lugar de atención, tipo de unidad, Unidad y año.



**Figura 40.** Dashboard estadística de móviles de mantenimiento, unidades articuladas del TROLEBÚS

Realizado por: Ney, Zambrano (2023).

## **Dashboard Trabajos de móviles**

Un dashboard de los trabajos realizados por los móviles en ruta es una herramienta visual que proporciona información resumida y fácilmente comprensible sobre las actividades y rendimiento de los vehículos en movimiento. Este panel ofrece una visión instantánea de datos relevantes para la gestión de flotas en tránsito, permitiendo una supervisión eficaz de las operaciones y la toma de decisiones informadas.

En la Figura 41 se presenta un dashboard de los trabajos realizados por los técnicos de la vía, este trabajo tiene que tener una (OT) para justificar las intervenciones y el descargo del repuesto que ha utilizado, el dashboard cuenta con los siguientes paneles:

1. **Área:** Nos muestra el área de trabajo por parte del técnico móvil, con su respectiva cantidad de intervenciones.
2. **Lugar de intervención:** Es el lugar físico donde el técnico móvil intervino la unidad, nos muestra la cantidad de veces que el técnico atendió en ese lugar.
3. **Unidad Cantidad:** Nos muestra la cantidad de veces que la unidad ha sido intervenido en la ruta.
4. **Trabajos:** Se visualiza todos los trabajos realizados por los técnicos móviles en la unidad

Para la filtración de datos, cada panel estará sujeto a los siguientes criterios: Lugar de atención, tipo de unidad, Unidad y año.



**Figura 41.** Dashboard trabajos de móviles de mantenimiento, unidades articuladas del TROLEBÚS

Realizado por: Ney, Zambrano (2023).

## Dashboard de los repuestos

Un dashboard de los repuestos utilizados por las unidades articuladas para realizar algún tipo de mantenimiento es una interfaz visual que presenta información clave sobre el inventario y uso de piezas y repuestos en el proceso de mantenimiento de vehículos articulados. Este panel ofrece una visión detallada y accesible de los elementos consumidos durante las labores de servicio, permitiendo una gestión eficiente de los recursos y una toma de decisiones informada.

En la Figura 42 se presenta un dashboard de la bodega de repuestos de la empresa Trolebús donde se almacena piezas para mantenimiento y reparación de unidades articuladas. Se encuentra organizada por categorías y cuenta con un sistema de inventario para controlar la disponibilidad de los repuestos. Su objetivo principal es garantizar la disponibilidad y entrega rápida de las piezas necesarias para mantener en funcionamiento los bienes que requieren reparación, el dashboard cuenta con los siguientes paneles:

1. **Persona recibe:** Es el técnico que recibe los repuestos entregados por Bodega mostrándonos la cantidad de ordenes de pedido de materiales a bodega.
2. **Equipos:** Nos muestra la cantidad y el lugar donde se procederá a utilizar el repuesto retirado de bodega.
3. **Descripción:** Nos muestra una breve descripción del repuesto.
4. **Cantidad por fecha:** Este nos muestra un gráfico de barras, este puede ir cambiando por: año, trimestre o mensualmente.

Para la filtración de datos, cada panel estará sujeto a los siguientes criterios: Lugar de atención, tipo de unidad, Unidad y año.



**Figura 42.** Dashboard de repuestos de mantenimiento, unidades articuladas del TROLEBÚS

Realizado por: Ney, Zambrano (2023).

## **Cronograma de actividades de la implantación del sistema informático**

El cronograma de actividades de la implantación del sistema informático es una planificación detallada que establece las fechas, tareas e hitos claves asociados con la introducción y puesta en marcha de un nuevo sistema dentro de una organización. Este cronograma sirve como guía estratégica para coordinar eficientemente cada fase del proceso de implementación, desde la planificación inicial hasta la plena funcionalidad y adopción del sistema.

En este cronograma, se identifican y asignan responsabilidades a las diversas etapas del proyecto, incluyendo el desarrollo o adquisición del software, la capacitación del personal, la migración de datos, las pruebas y la eventual implementación completa. Cada actividad se programa de manera secuencial para garantizar una transición suave y para minimizar interrupciones en las operaciones cotidianas de la organización.

La elaboración de un cronograma de actividades de implantación del sistema informático no solo ayuda a organizar las tareas de manera eficiente, sino que también permite establecer expectativas claras, identificar posibles desafíos y ajustar el plan según sea necesario. Este enfoque estructurado es esencial para garantizar el éxito del proyecto y la integración efectiva del nuevo sistema en el entorno operativo de la organización a continuación, se presenta un cronograma:

1. ***Fase de implementación:*** Se llevará a cabo la migración de los datos del sistema actual al nuevo, al mismo tiempo que se capacitará al personal encargado del mantenimiento en el uso del sistema informático y Power BI, y se implementarán procedimientos de respaldo y seguridad de los datos.
2. ***Fase de puesta en marcha y Soporte:*** Se llevarán a cabo la monitorización constante del rendimiento del sistema, realizando los ajustes necesarios en caso de ser requeridos. Asimismo, se brindará soporte técnico a los usuarios, resolviendo cualquier problema o duda que surja en relación al sistema.

Además, se realizarán mejoras y actualizaciones del sistema de acuerdo con las necesidades identificadas para garantizar su óptimo funcionamiento.

En la Tabla 19 se puede observar el Cronograma de actividades de la implementación del sistema de mantenimiento en la empresa TROLEBÚS.

**Tabla 19.** Cronograma de actividades de la implementación

Actividades	M1		M2	
	S1	S2	S3	S4
<b>Fase de Implementación</b>				
* Realizar la migración de los datos del sistema actual Al nuevo sistema.				
* Capacitar al personal encargado del mantenimiento En el uso del sistema informático y PowerBI.				
* Implementar procedimientos de respaldo y seguridad De los datos				
<b>Fase de Puesta en Marcha y Soporte</b>				
* Monitorizar el rendimiento del sistema y realizar Ajustes si es necesario.				
* Brindar soporte técnico a los usuarios y resolver Cualquier problema o duda que surja.				
* Realizar mejoras y actualizaciones del sistema de Acuerdo con las necesidades identificadas.				

Elaborado por Ney Zambrano (2023)

### Costos de implantación del sistema

Los costos de implantación del sistema de mantenimiento en el taller del trolebús se refieren a los gastos asociados con la introducción y puesta en marcha de un nuevo sistema de gestión de mantenimiento específicamente diseñado para la flota

de trolebuses en un taller. Este proceso incluye diversas etapas, desde la planificación inicial hasta la plena implementación del sistema.

Es importante realizar un análisis detallado de los costos asociados a la implantación del sistema, considerando tanto los costos directos como los costos indirectos, para tener una estimación precisa y realista del presupuesto necesario (Tabla 20).

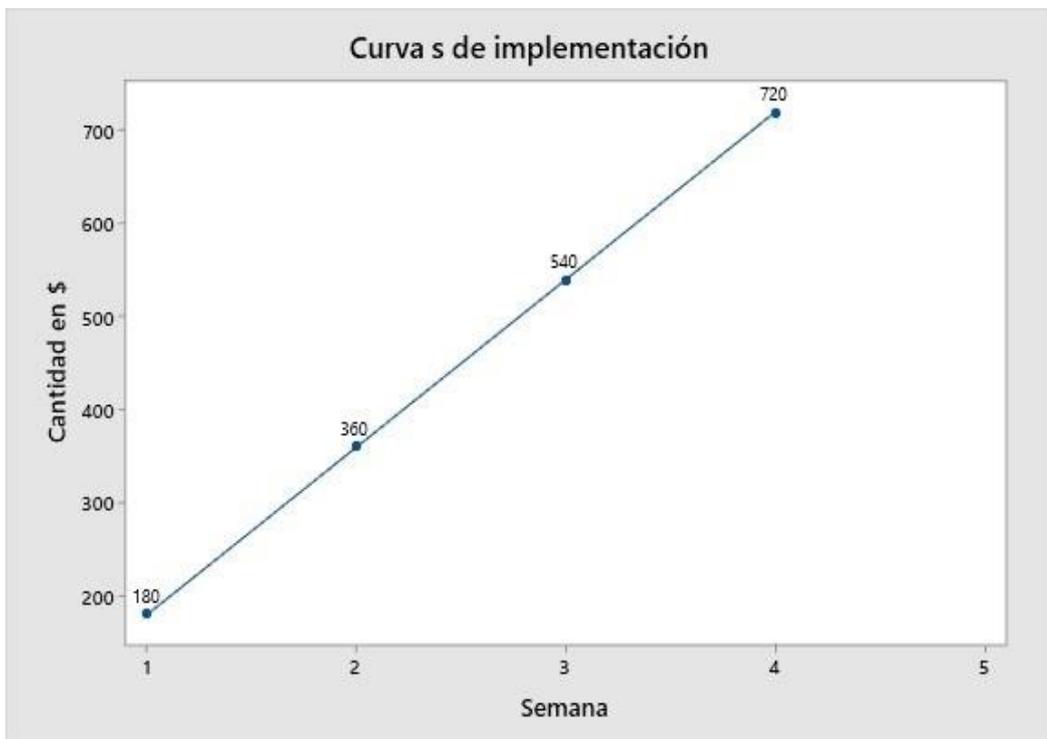
**Tabla 20.** Costos de implantación del sistema

Actividades	M1		M2	
	S1	S2	S3	S4 S...
<b>Fase de Implementación</b>				
* Realizar la migración de los datos del sistema actual al nuevo sistema.	90			
* Capacitar al personal encargado del mantenimiento en el uso del sistema informático y Power BI.	90			
* Implementar procedimientos de respaldo y seguridad de los datos		180		
<b>Fase de Puesta en Marcha y Soporte</b>				
* Monitorizar el rendimiento del sistema y realizar ajustes si es necesario.			60	60 ...
* Brindar soporte técnico a los usuarios y resolver cualquier problema o duda que surja.			60	60 ...
* Realizar mejoras y actualizaciones del sistema de acuerdo con las necesidades identificadas.			60	60 ...

**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

### Curva S de implementación

La curva S de implementación (Figura 43) es una representación gráfica que muestra la evolución del desempeño de un proyecto o sistema a lo largo del tiempo. La curva se asemeja a la forma de una "S", de ahí su nombre, La curva S de implementación es útil para comprender y gestionar el proceso de cambio en un proyecto o sistema. Permite identificar los momentos críticos de la implementación, así como ajustar las estrategias y recursos necesarios para asegurar una transición exitosa y una adopción eficiente.



**Figura 43.** Curva S de implementación  
**Elaborado por:** Ney, Zambrano (2023).

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

- Después de una exhaustiva evaluación de varias alternativas, se concluye que Power BI se presenta como la opción más viable en el ámbito de inteligencia de negocios para el mantenimiento de unidades articuladas.
- La inteligencia de negocios desempeña un papel crucial en el ámbito del mantenimiento de unidades articuladas al facilitar la toma de decisiones.
- Tras el análisis detallado de la base de datos, se logró identificar patrones y tendencias relevantes en relación con el mantenimiento de unidades. Esto proporciona información valiosa para entender mejor el rendimiento del taller a lo largo del tiempo.
- Se observaron áreas específicas donde se pueden mejorar la asignación de recursos y la gestión del personal, lo que podría conducir a una mayor eficiencia operativa en el taller.
- Se señalaron oportunidades para la implementación de tecnologías emergentes, como inteligencia artificial o aprendizaje automático, para mejorar aún más la capacidad predictiva y analítica en el mantenimiento de unidades.
- Se sugieren mejoras en la presentación de informes para asegurar que la información clave sea fácilmente comprensible y accesible para los tomadores de decisiones.
- La incorporación de Power BI en el mantenimiento de unidades articuladas ha permitido a Trolebús EPQ vigilar el estado de cada vehículo, mejorando significativamente la eficiencia del mantenimiento preventivo.

- Power BI ha simplificado la visualización de grandes volúmenes de datos relacionados con el mantenimiento, permitiendo a los gerentes y técnicos tomar decisiones informadas más rápidamente.
- Power BI ha permitido a Trolebús EPQ detectar patrones de fallas en las unidades articuladas, lo que ha simplificado la toma de decisiones informadas para realizar el mantenimiento.
- La incorporación de Power BI en el mantenimiento de unidades articuladas ha mejorado la transparencia y la responsabilidad, ya que se ha llevado un seguimiento detallado de todas las actividades de mantenimiento.
- La aplicación de la inteligencia de negocios al mantenimiento de unidades articuladas utilizando Power BI puede proporcionar información valiosa para mejorar la eficiencia del mantenimiento, identificar problemas y tomar medidas preventivas para evitar fallas y tiempos de inactividad innecesarios.
- Después de la implementación del sistema, se espera una mejora significativa en la precisión de las decisiones tomadas en comparación con el enfoque anterior. El acceso a información más detallada y en tiempo real proporcionado por el sistema contribuyó a decisiones más fundamentadas.
- La automatización y la visualización de datos facilitaron una comprensión más clara de la situación, minimizando posibles equivocaciones.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda que los trabajadores de la empresa TROLEBÚS EPQ sean capacitados en Power BI para que puedan aprovechar su facilidad para manejar información y tomar decisiones basadas en datos precisos. De esta manera, podrán generar informes profesionales y satisfactorios. también se sugiere incorporar la inteligencia de negocios de Power BI en los otros departamentos de la empresa, lo que mejorara los resultados en cada área.

- Dadas las ventajas y oportunidades estratégicas que ofrece la aplicación de la inteligencia de negocios mediante el uso de Power BI, se aconseja la introducción de paneles de control en las distintas divisiones de las empresas especializadas en el mantenimiento de unidades u ocupaciones afines. Esto se hace con el propósito de capitalizar las estrategias relacionadas con el mantenimiento, con el fin de potenciar la satisfacción de los clientes.
- Es aconsejable que los estudiantes de la Universidad Indoamérica se familiaricen con los conceptos de Inteligencia de Negocios utilizando Power BI, ya que estas competencias representan herramientas poderosas y de sencilla aplicación que les serán de gran utilidad al entrar en el mundo laboral como recién graduados.

## LITERATURA CITADA

- Acequia (2023). *Acquia named a leader in the 2023 gartner® magic quadrant™ for dxp* obtenido: [https de: https://www.acquia.com/resources/report/acquia-namedleader-2023-gartner-magic-quadranttm-dxp](https://www.acquia.com/resources/report/acquia-namedleader-2023-gartner-magic-quadranttm-dxp).
- Aimacaña Quilumba, D. E. (2013). *Análisis, diseño e implementación de un data mart académico usando tecnología de bi para la facultad de ingeniería, ciencias físicas y matemática*.
- Aranibar, S. and Carlos, J. (2003). *Inteligencia de negocios*. Revista Ciencia y Cultura, (12):95–101. 21, 27
- Ayala Taco, J. P., & Ibarra, A. (2019). *Trolebús eléctrico, una primera solución a la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito-Ecuador*.
- Bayron, V. and Andrés, S. O. (2011). *La inteligencia de negocios: Etapas del proceso*. Obtenido de [http://univirtual. utp. edu. co/pandora/recursos/0/513/513. pdf](http://univirtual.utp.edu.co/pandora/recursos/0/513/513.pdf).
- Becerra Díaz, H. A. (2015). *Análisis y mejora del proceso del manejo de inventarios, mediante técnicas de inteligencia de negocios, aplicando la herramienta oracle business intelligence obi*. B.S. thesis.
- Chamba Prieto, C. J. (2019). *Vicerrectorado de investigación, innovación y transferencia de tecnología*.
- Dixson, Y. R., Maturel, L. N., et al. (2015). *La inteligencia de negocio como apoyo a la toma de decisiones en el ámbito académico*. GECONTEC: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología,
- Escobedo Velásquez, L. J. (2021). *Integración de los sistemas de información en salud para la toma de decisiones con business intelligence para la gerencia regional de salud la libertad*.
- Farroñan Carranza, A. B. (2020). *Implementación de inteligencia de negocios con uso de la herramienta extracción, transformación y carga en las organizaciones para la toma de decisiones: una revisión sistemática*.
- Fernández Luque, D. P. (2016). *Minería de procesos para el análisis y mejora del proceso de ventas de una empresa de industria alimentaria*, obtenido: [https de: https://www.fdezdaniel.com/informando/business-intelligenceque-es-y-como-se-aplica-en-las-empresas/](https://www.fdezdaniel.com/informando/business-intelligenceque-es-y-como-se-aplica-en-las-empresas/).
- Forero-Castañeda, D. A. and Sánchez-García, J. A. (2021). *Introducción a la inteligencia de negocios basada en la metodología kimball*. TIA Tecnología, investigación y academia,

Fuentes Tapia, L. and Valdivia Pinto, R. (2010). *Incorporación de elementos de inteligencia de negocios en el proceso de admisión y matrícula de una universidad chilena*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*,

García Andonaire, J. D. (2016). *Incidencia de inteligencia de negocios con qlikview en el proceso de ventas en una empresa comercializadora en lima*.

Garzón Ulloa, P. A., Chicaiza Castillo, D. V., Pailiacho Mena, V. M., and Robayo Jácome, D. J. (2020). *Inteligencia de negocios en la gestión administrativa de una empresa distribuidora del sector eléctrico*.

Gómez, A. A. R. and Bautista, D. W. R. (2010). *Inteligencia de negocios: Estado del arte*. Scientia et technica.

Grajales, D. H. M., Candelario, M. P., and Sánchez, Y. O. (2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*. Scientia et technica.

Gutiérrez Ramírez, E., & Lizano Fernández, A. (2005). *Diseño de un modelo operativo para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad en la UENGRM*.

Jiménez, A. C. (2011). *Deficiencias en el uso del FODA causas y sugerencias*. *Revista Ciencias Estratégicas*, 19(25), 89-100.

Medizabal, A. (2023). *Gestión de mantenimiento obtenido de: <https://tractian.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>*. 42

Méndez López, J. E. (2015). *Diseño de una propuesta etl dirigida a tableros de control utilizando la base de datos de la empresa "tecnomarket"*.

Metzger, X. (2002). *La agregación de datos en la medición de desigualdades e inequidades en la salud de las poblaciones*. *Revista panamericana de salud pública*.

Pacci Ayala, C. F. (2017). *Aplicando inteligencia de negocios de autoservicio, utilizando power bi, para la toma de decisiones dentro de una pyme en la región de tacna*.

Mediante Uso De Power Bi, E. EL, Resina, R., Javier, F., & Paredes, L. (n.d.).

*Aplicación de Business Intelligence en una pequeña empresa mediante el uso de Power Bi*.

Mercedes Benz. (2023). *Chasis O 500 UA*. Tomado de: [https://www.mercedes-benz-bus.com/es\\_AR/models/o500-ua.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/es_AR/models/o500-ua.html).

Pérez López, B. E. et al. (2018). *Inteligencia de negocios y análisis de datos tableau*.

Quintana, A. E., Pisani, M. V., and Casal, R. N. (2015). *Desempeño de cartas de control estadístico con límites bilaterales de probabilidad para monitorear procesos weibull en mantenimiento. Ingeniería, investigación y tecnología,*

Silva, S. R. D., Aros, L. H., Silva, M. W. D., & Cossio, L. C. G. (2016). *Análisis del modelo operativo de la factura electrónica colombiana.*

Resina, R., Javier, F., & Paredes, L. (2020). *Aplicación de Business Intelligence en una pequeña empresa mediante el uso de Power BI.*

Rivera Resina, F. J. et al. (2018). *Aplicación de business intelligence en una pequeña empresa mediante el uso de power BI.*

Tractian (2023). *Indicadores de mantenimiento* obtenido de: <https://tractian.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>.

Trolebús (2023). *Intranet epmpq*, tomado de <https://www.trolebus.gob.ec/index.php/sobre-osotros/estructuraorganizacional>.

Ulloa, W. L. O., Mazacon, N. H., and Rodríguez, A. F. C. (2019). *La estructura organizacional en función del comportamiento del capital humano en las organizaciones. RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento.*

Volvo 7300 BRT. (2023). *Volvo Buses. Driving quality of life.* Tomado de: <https://www.volvobuses.com/content/dam/volvo-buses/markets/mexico/buses/volvo-7300/specification/Volvo-7300-BRT1.pdf>.

Volvo B12M. (2023). *Volvo Buses. Driving quality of life.* Tomado de: [https://galeria.bus-america.com/albums/userpics/17836/VolvoB12M\\_art\\_esp\\_FINAL1.pdf](https://galeria.bus-america.com/albums/userpics/17836/VolvoB12M_art_esp_FINAL1.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1: Documento de recepción de unidades, orden de trabajo (OT)

<b>FORMULARIO F-GM-005</b>	<b>EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS DE QUITO GERENCIA TÉCNICA</b> <b>HOJA DE ORDEN DE TRABAJO</b>																													
Trole <input type="checkbox"/> Sur Oriental <input type="checkbox"/> Central Norte <input type="checkbox"/> Sur Occidental <input type="checkbox"/> Ecovía <input type="checkbox"/> EPQ <input type="checkbox"/>																														
<b>1. RECEPCIÓN</b>		TROLE N° <input style="width: 50px;" type="text"/>																												
F. Ingreso	Hora Ingreso	F. Salida	Hora Salida	Kilometraje	Conductor	Recepcionista																								
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																								
ACCESORIOS: Amplificador <input type="checkbox"/> Micrófono <input type="checkbox"/> Motorola <input type="checkbox"/> Espejo <input type="checkbox"/> Extintor <input type="checkbox"/> Paragás <input type="checkbox"/> Selector de aguas <input type="checkbox"/> Botiquín <input type="checkbox"/>																														
<b>HOJA DE TRABAJO MECÁNICO</b>																														
MECÁNICA	CARROCERÍA	VULCANIZADO	MANTENIMIENTO (9.2)	COMPONENTES																										
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																										
AVERÍA MECÁNICA POR LA QUE INGRESA <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																														
Revisado por: <input style="width: 100px;" type="text"/>																														
<b>REPARACIÓN EFECTUADA</b>																														
TAREA	Código de reparación	Hora de Inicio	Hora de Finalización																											
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																											
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																											
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																											
<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																											
<b>PERSONAL TÉCNICO</b>																														
Técnicos Mecánicos						Código Personal																								
<input style="width: 100%;" type="text"/>						<input style="width: 100%;" type="text"/>																								
<input style="width: 100%;" type="text"/>						<input style="width: 100%;" type="text"/>																								
<input style="width: 100%;" type="text"/>						<input style="width: 100%;" type="text"/>																								
Antes de la entrega del vehículo de mantenimiento hay que comprobar:																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">CONTROLES RUTINARIO</th> <th style="text-align: center;">OK</th> </tr> <tr> <td>1.- Fugas de aire, aceite, combustible</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Foco de cañerías y mangueras</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.- Válvulas de rebotes</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4.- Fuelle</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5.- Revisión de bujes templadores</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>6.- Longitud de Perfil</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	CONTROLES RUTINARIO	OK	1.- Fugas de aire, aceite, combustible	<input type="checkbox"/>	2.- Foco de cañerías y mangueras	<input type="checkbox"/>	3.- Válvulas de rebotes	<input type="checkbox"/>	4.- Fuelle	<input type="checkbox"/>	5.- Revisión de bujes templadores	<input type="checkbox"/>	6.- Longitud de Perfil	<input type="checkbox"/>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: center;">CARROCERÍA</th> <th style="text-align: center;">OK</th> </tr> <tr> <td>1.- Revisión de carbuchos centrales</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.- Revisión de rines y guardapolvos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.- Revisión de parantes y asideros</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4.- Revisión de rampas y su funcionamiento</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5.- Revisión de amarras de accedón</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>6.- Revisión de cables</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	CARROCERÍA	OK	1.- Revisión de carbuchos centrales	<input type="checkbox"/>	2.- Revisión de rines y guardapolvos	<input type="checkbox"/>	3.- Revisión de parantes y asideros	<input type="checkbox"/>	4.- Revisión de rampas y su funcionamiento	<input type="checkbox"/>	5.- Revisión de amarras de accedón	<input type="checkbox"/>	6.- Revisión de cables	<input type="checkbox"/>
CONTROLES RUTINARIO	OK																													
1.- Fugas de aire, aceite, combustible	<input type="checkbox"/>																													
2.- Foco de cañerías y mangueras	<input type="checkbox"/>																													
3.- Válvulas de rebotes	<input type="checkbox"/>																													
4.- Fuelle	<input type="checkbox"/>																													
5.- Revisión de bujes templadores	<input type="checkbox"/>																													
6.- Longitud de Perfil	<input type="checkbox"/>																													
CARROCERÍA	OK																													
1.- Revisión de carbuchos centrales	<input type="checkbox"/>																													
2.- Revisión de rines y guardapolvos	<input type="checkbox"/>																													
3.- Revisión de parantes y asideros	<input type="checkbox"/>																													
4.- Revisión de rampas y su funcionamiento	<input type="checkbox"/>																													
5.- Revisión de amarras de accedón	<input type="checkbox"/>																													
6.- Revisión de cables	<input type="checkbox"/>																													
RESPONSABLE DE LA REPARACIÓN MECÁNICA <input style="width: 100%;" type="text"/>																														
<b>OBSERVACIONES LUEGO DE LA REPARACIÓN</b>																														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>						Técnica de C.C.: <input style="width: 100px;" type="text"/>																								
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>																														

FORM: F-GM-005

Anexo 2: Base de datos (Excel) de los trabajos realizados

Incorporación	E. Inicia	Fecha de Ingreso	H. Ingreso	Administrador	Comentarios	Presupuesto U.L.	Generado por	P.U.P.	Trabajo Principal
Martín S.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Martín S.	9537	W. S. Sistema de gestión de pedidos
Pascual F.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Pascual F.	3000	Mantenimiento de servidores
Martín S.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Martín S.	5133	PLATAFORMA de servidores
Martín S.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Martín S.	5526	W. S. de gestión de pedidos
Martín S.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Martín S.	5475	W. S. de gestión de pedidos
Pascual F.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Pascual F.	9700	PCO de servidores, Database/Reservorio de
Martín S.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Martín S.	5870	PLATAFORMA de servidores
Carla M.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Carla M.	9527	TCCO S. Sistema de gestión de pedidos
Pascual F.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Pascual F.	3000	TCCO S. Sistema de gestión de pedidos
Carla M.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Carla M.	3888	W. S. de gestión de pedidos
Carla M.	1	2019/04/01	10:00	2019/04/01			Carla M.	3087	W. S. de gestión de pedidos

